

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-Graduação em Educação Tecnológica

Jarbas da Cunha e Silva

**O PROCESSO DE APRENDIZAGEM, FORMAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE
SABERES DO ENGENHEIRO POR MEIO DO PROJETO DO VEÍCULO CEFAST
BAJA NO CEFET-MG**

Belo Horizonte / MG
2017

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-Graduação em Educação Tecnológica

Jarbas da Cunha e Silva

**O PROCESSO DE APRENDIZAGEM, FORMAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE
SABERES DO ENGENHEIRO POR MEIO DO PROJETO DO VEÍCULO CEFAST
BAJA NO CEFET-MG**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação Tecnológica.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Adriana Maria Tonini

Belo Horizonte / MG
2017

Silva, Jarbas da Cunha e
S586p O processo de aprendizagem, formação e desenvolvimento de
saberes do engenheiro por meio do projeto do veículo Cefast Baja no
Cefet/MG / Jarbas da Cunha e Silva – 2017.
209 f. : il., fotos.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Educação Tecnológica.
Orientadora: Adriana Maria Tonini.
Referências: f. 188-196.
Banca examinadora: Luis Maurício M. de Resende, Paulo
Henrique Vieira Magalhães, José Geraldo Pedrosa.
Dissertação (mestrado) – Centro Federal de Educação Tecnológica
de Minas Gerais.

1. Engenharia – Educação – Teses. 2. Engenheiro – Formação –
Teses. 3. Aprendizagem ativa – Teses. 4. Aprendizagem baseada em
problemas. 5. Engenharia de protótipos. I. Tonini, Adriana Maria.
II. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.
III. Título.

CDD 378

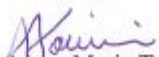


CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA - PPGET
Portaria MEC nº. 1.077, de 31/08/2012, republicada no DOU em 13/09/2012

Jarbas da Cunha e Silva

O processo de aprendizagem, formação e desenvolvimento de saberes do engenheiro por meio do projeto do veículo CEFAST BAJA no CEFET-MG

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Educação Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG, em 20 de fevereiro de 2017, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação Tecnológica, aprovada pela Comissão Examinadora de Defesa de Dissertação constituída pelos professores:


Prof.ª Dr.ª Adriana Maria Tonini - Orientadora
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais


Prof. Dr. Luís Maurício Martins de Resende
Universidade Tecnológica Federal do Paraná


Prof. Dr. Paulo Henrique Vieira Magalhães
Universidade Federal de Ouro Preto


Prof. Dr. José Geraldo Pedrosa
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Dedicatória

À minha família, especialmente à Mamãe (in memoriam).

Agradecimentos

À Professora Adriana Tonini que assumiu minha orientação, pelo estímulo e confiança em mim depositada, e, aos demais Professores do Programa de Mestrado em Educação Tecnológica do CEFET-MG. A todos vocês, obrigado pelos saberes agregados à minha formação.

À Professora Ivanilza Felizardo e ao Professor Eduardo Schirm, do Núcleo de Engenharia Aplicada a Competições do CEFET-MG, por, desde o início, terem compreendido a importância desta pesquisa.

Aos meus irmãos pela presença, pelo carinho e apoio irrestrito ao longo deste percurso.

Especialmente aos Aprendizes Engenheiros da Equipe CEFAST BAJA do CEFET-MG por me acolherem como Pesquisador Aprendiz durante o - nosso - processo de aprendizagem ativa e significativa sem o qual não haveria esta pesquisa.

“It’s not important what we cover in the class; it’s important what you discover”
Noam Chomsky

“Saber é um processo, não um produto”
Jerome Bruner

RESUMO

Esta pesquisa objetivou compreender o processo de aprendizagem, formação e desenvolvimento de saberes de engenheiros por meio do projeto interdisciplinar de construção do protótipo de veículo CEFAST BAJA no CEFET-MG. Trata-se de uma experiência educativa complexa, e para tanto, buscou-se analisar os elementos e fatores que colaboram no processo formativo, e como esses se materializam no espaço-tempo deste projeto. *Saberes*, neste contexto, são entendidos como o conjunto de capacidades configuradas em: *saber fazer*, vinculado às habilidades técnicas; *saber pensar*, vinculado aos conhecimentos técnicos e às habilidades cognitivas; e o *saber ser* e *agir*, vinculados às atitudes. Tais saberes se consolidam e se efetivam no processo de aprendizagem e no *aprender a aprender*, bem como na noção de *competência*. Assim, buscou-se identificar os saberes desenvolvidos e mobilizados pelos participantes, avaliar suas interações e percepções e, por último, analisar e relacionar essa experiência às teorizações educacionais. Tomou-se como pressuposto teórico que o projeto teria vinculação fundamental com preceitos da teorização da aprendizagem ativa no pensamento de John Dewey, pressuposto este que buscou-se comprovar pelo exame da pesquisa empírica realizada em 2016. Amparou-se ainda em teóricos de linha construtivista para o entendimento do estudo de caso sob perspectivas adjacentes, como Piaget, Vygotsky, Ausubel, Novak, Bruner, e, em outros, tais como, Bachelard, Charlot, Hernández, Zarifian, Tonini, Demo, Ribeiro, Sousa, Grimoni, etc. Como desdobramento prático, investigou-se a abordagem da *Aprendizagem Baseada em Problemas* (PBL) no projeto. A pesquisa é eminentemente de natureza qualitativa, descritiva e analítica, pois buscou-se caracterizar e avaliar um fenômeno educativo. Como instrumento metodológico, adotou-se a observação de campo e entrevistas, cujas análises e tratamento de dados basearam-se na *Análise de Conteúdo* proposta por Laurence Bardin. Ademais, procedeu-se a uma apreciação do artefato físico como fonte de evidências da aprendizagem. Dadas as categorias de análise estabelecidas e consideradas as inferências e interpretações extraídas da pesquisa, concluiu-se que o projeto CEFAST BAJA é um exemplar de um processo educativo baseado na aprendizagem ativa, com centralidade do estudante, e viabilizado por meio da PBL, na medida em que promove uma experiência significativa de construção de competências transversais, ou seja, de conhecimentos, habilidades e atitudes necessárias ao engenheiro contemporâneo.

Palavras-chave: Educação em Engenharia. Saberes do Engenheiro. Aprendizagem Ativa. Aprendizagem Baseada em Problemas. Protótipo Baja.

ABSTRACT

This research aimed to comprehend the learning process, education and development of the engineer's knowledge through the interdisciplinary prototype vehicle project called CEFAST BAJA at CEFET-MG. This is a complex educational experience, thus, this research sought to analyze the elements and factors that collaborate with this formative process and how these are materialized within the space-time dimension of this project. For knowledge, it was assumed to be a set of capacities configured in: knowing how to do which is linked to technical skills; knowing to think, linked to technical knowledge and cognitive skills; and knowing how to be and to act, linked to attitudes. All of these capabilities are consolidated and become effective along the learning process and in learning to learn, as well as in the notion of competence. This research sought to identify the developed and mobilized knowledge by the experience's participants, to assess their interactions and perceptions, and finally, to analyze and relate the experience to educational theorizations. A theoretical assumption was that this project would have a fundamental link to the precepts of John Dewey's active learning theory. A presupposition this research sought to prove by the empirical research carried out during the year of 2016. This research was also supported on constructivist researchers in order to understand the case study under adjacent perspectives, such as, Piaget, Vygotsky, Ausubel, Novak, Bruner, and others as Bachelard, Charlot, Hernández, Zarifian, Tonini, Demo, Ribeiro, Sousa, Grimoni, etc. As a practical consequence, the Problem Based Learning (PBL) approach was investigated in this project. This is an eminently qualitative, descriptive and analytical research, for it sought to characterize and evaluate an educative phenomenon. As methodological means, field observation and interviews were adopted with students and teachers from which analyses and data treatment were based on the Content Analysis by Laurence Bardin. In addition, an appreciation of the vehicle as a physical artifact and source of evidence was carried out in order to prove the learning process. Given the established content categories and considering the inferences and interpretations derived from the research, it was concluded that the CEFAST BAJA is an exemplary project based on active learning, in a student-centered approach, and made viable through the PBL while allowing a significant experience of building transversal competencies, i.e., a set of knowledge, skills, and attitudes required for the contemporary engineers.

Keywords: Engineering Education. Engineer's Knowledge. Active Learning. Problem Based Learning. Baja Prototype.

APRESENTAÇÃO

Em uma perspectiva temporal, meu percurso formativo como pesquisador iniciou-se na graduação em Economia quando – para a Monografia - analisei a reestruturação produtiva da indústria automotiva no Brasil pós 1990 e seu consequente impacto estrutural na produtividade do trabalho sobre o nível de emprego naquela década. Ainda durante a graduação, recebi da Comissão Europeia uma bolsa de estudos para o Programa de Formação Acadêmica da América Latina, ocasião em que pude ter contato com o ambiente acadêmico e de pesquisa na Universidade de Liverpool/Inglaterra, por um semestre.

Em seguida, na Pós-graduação *Lato Sensu* - Especialização em Gestão Estratégica de Negócios - para o Trabalho de Conclusão de Curso fiz uma pesquisa teórico-comparativa sobre a configuração da vantagem competitiva das organizações, investigando-a a partir das abordagens Estrutura-Conduta-Desempenho e da Visão Baseada em Recursos. Naquele trabalho, procurei identificar se a origem da vantagem estratégica se encontrava em fatores externos ou internos à organização, quando obviamente constatei que tratava-se na verdade de uma origem híbrida: o diferencial das organizações encontra-se na combinação de recursos diversos e fundamentalmente nas pessoas que extraordinariamente enfrentam e transformam suas realidades e desafios cotidianos de trabalho.

Posteriormente, tornei-me Professor de Matemática por via do Programa Especial de Formação de Docentes do CEFET-MG e, quando do estágio de prática de ensino, pude vivenciar a alegria e a proatividade de estudantes numa escola privada de gestores/empreendedores. Por outro lado, já atuando como professor, pude perceber na prática pedagógica em escola pública tanto a dificuldade de aprendizagem dos menos favorecidos socialmente, sua desmotivação e desinteresse, quanto minhas próprias limitações relativas aos conhecimentos, habilidades e atitudes no processo ensino-aprendizagem. Processo este que é dinâmico e ao mesmo tempo, muitas vezes, prejudicado e sujeito a regulamentos, desmotivações e restrições de toda ordem.

A despeito de todo o contexto socioeconômico, geográfico e cultural distinto das minhas experiências vividas na área da educação, como Freire (1996), acredito não ser possível à escola alhear-se das condições desiguais nas quais ocorre o processo formativo, tomando a história e o futuro como determinados, e acredito, por outro lado, ser necessário o engajamento para intervir no mundo, na formação e transformação pela educação e por uma

vida mais justa. Em consonância com este pensamento, como aponta o relatório da UNESCO para a educação no século XXI, também acredito que a educação deve buscar “transformar o avanço do conhecimento em um instrumento, não de distinção, mas de promoção do gênero humano” (DELORS *et al.*, 2010, p.6).

Daí surgiu a pergunta motivadora da pesquisa: o que pode fazer a diferença no processo de aprendizagem? Como se forma plenamente um estudante aprendiz motivado, reflexivo, criativo, cidadão, engajado e proativo, e em última instância, competente? *Competência* no sentido amplo de ser capaz de gerir sua bagagem de conhecimentos, bem como reelaborar e mobilizar saberes, oferecendo uma resposta pertinente às situações diversas e adversas com as quais se depara ao longo da vida, esta, “a esfera da ação”, como nos lembra Perrenoud (2013), ou seja, competência para ser capaz de mudar a sua própria história.

Já atuando como professor, ingressei no curso de Pós-graduação – Mestrado em Educação Tecnológica, no CEFET-MG - interessado em investigar o processo de formação de competências através do ensino do empreendedorismo em uma escola de formação gerencial do *Sistema S*¹. Mas ao longo do percurso investigativo, e após participar do XLIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, cuja temática era a aprendizagem ativa e a ênfase era a demanda de mais estudos na área, vi a oportunidade de migrar o campo de estudo da pesquisa para o próprio CEFET-MG, instituição que oferece formação profissional tecnológica de nível superior, atribuindo à pesquisa um caráter institucional. Assim, esta pesquisa visa compreender a experiência educativa do processo de formação de engenheiros através do projeto CEFAST BAJA, experiência esta complexa, envolvendo problemas, imprevistos, dúvidas, pesquisas e busca por conhecimentos, pessoas, interações, aprendizagens e crescimento.

Assim, como mencionei, o presente trabalho de pesquisa é resultado de um percurso de desenvolvimento pessoal de pesquisador, iniciado com o trabalho de conclusão da graduação, numa análise *macro* da indústria, em seguida na pós-graduação - análise da organização, e agora, no mestrado, numa perspectiva *micro*, venho pesquisar os agentes, as pessoas - os participantes, professor e estudante - envolvidas em uma experiência educativa e em uma relação mais significativa com o saber. Importa dizer que esta pesquisa representa não somente a conclusão de um trabalho, e sim mais um passo em meu percurso de aprendizado, formação e desenvolvimento como pesquisador.

¹ Sistema S é o conjunto de instituições de interesse de categorias profissionais, estabelecidas pela Constituição Brasileira, são elas: SENAI, SESI, SESC, SEBRAE, SESCOOP, SENAT, SENAR, SENAC.

Esta pesquisa está vinculada à linha de pesquisa *Processos Formativos em Educação Tecnológica*, e visa aprofundar o conhecimento sobre a formação profissional tecnológica de nível superior e à compreensão do processo educativo na formação de conhecimentos, habilidades e atitudes de futuros engenheiros. A pesquisa ocorreu no período de março de 2015 a março de 2017 e contou com o apoio financeiro da CAPES.

Quanto à organização textual desta pesquisa, a dissertação está dividida em sete partes. No Capítulo 1, apresentamos o contexto e a temática da formação do engenheiro, incluindo ainda a definição do problema, a justificativa e os objetivos de pesquisa.

No Capítulo 2, apresentamos o método da pesquisa, de natureza predominantemente qualitativa e descritiva, bem como, justificaremos a opção pelo *estudo de caso* e *artefato físico*. Serão ainda indicados e configurados os procedimentos metodológicos, coleta, análise e tratamento de dados.

No Capítulo 3, faremos um panorama e apresentaremos uma fundamentação teórica sobre o processo ensino-aprendizagem, com suas variantes teórico-metodológicas, seus aspectos e perspectivas e o impacto de tais teorias no processo formativo em questão. Buscou-se aqui uma revisão bibliográfica sobre a literatura, partindo do pensamento de John Dewey e sua fundamentação filosófica da *aprendizagem ativa*, passando pelo *construtivismo* de Jean Piaget, pelo *sócio-interacionismo* de Lev Vygotsky, pela *aprendizagem significativa* de David Ausubel e Joseph Novak, e pela *aprendizagem pela descoberta* e a influência cultural de Jerome Bruner.

No Capítulo 4, trataremos brevemente da engenharia enquanto campo de estudos, da educação em engenharia e como esta se apresenta hoje no Brasil, bem como, da questão da interdisciplinaridade e outros aspectos que perpassam o ensino da engenharia. Discorreremos também sobre como a aprendizagem ativa se desdobra em estratégia de aprendizagem configurada na *Aprendizagem Baseada em Problemas* e sua prática pedagógica, assim como sua similitude com a *metodologia de projetos*. Buscou-se ainda, atrelar à discussão questões do processo formativo em termos mais amplos, como a discussão sobre a noção de competência, sobre a necessidade de uma nova abordagem frente ao processo formativo, no pensamento de Philippe Perrenoud, e sobre uma nova relação com o saber, no pensamento de Bernard Charlot.

No Capítulo 5, apresentar-se-á o Estudo de Caso, sua caracterização e contexto, bem como, será feita uma apreciação do *artefato físico* – o protótipo do veículo CEFAS BAJA - como fonte de evidências da pesquisa.

No Capítulo 6, procedeu-se às análises dos dados coletados e resultados da pesquisa baseada em observações de campo, entrevistas, além do artefato físico, dissertando sobre resultados à luz das teorizações que embasam o estudo.

No Capítulo 7, apresentaremos as Considerações Finais, recomendações e propostas de futuros trabalhos de pesquisa. E por fim, encontram-se as Referências, Apêndices e Anexo.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – PROTÓTIPO DO VEÍCULO CEFAST BAJA	118
FIGURA 2 – PROTÓTIPO DO VEÍCULO CEFAST BAJA EM VISTA EXPANDIDA	121
QUADRO 1 – ESTRUTURA GERAL DA DISSERTAÇÃO	31
QUADRO 2 – INVENTÁRIO PRELIMINAR DE UNIDADES DE ANÁLISE NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM	38
QUADRO 3 – DIAGRAMA DOS FUNDAMENTOS TEÓRICOS BASE - PBL	81
QUADRO 4 – CARACTERÍSTICAS DA <i>PROBLEM BASED LEARNING</i>	86
QUADRO 5 – ROTEIRO BÁSICO PBL	87
QUADRO 6 - SETE PASSOS DA PBL	88
QUADRO 7 – ROTEIRO PBL	89
QUADRO 8 – FICHA TÉCNICA DO PROTÓTIPO CEFAST BAJA	121
QUADRO 9 – RESUMO DE DISCIPLINAS E TÓPICOS DE ESTUDO POR SUBSISTEMAS	122
QUADRO 10 – CATEGORIAS DE ANÁLISE	124

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

5S – 5 Senso: senso de utilização, ordenação, limpeza, saúde e autodisciplina

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CEFAST – Acrônimo para CEFET + FAST (rápido em inglês)

CEFET MG – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

CHA – Conhecimento, Habilidade, Atitude

CNE – Conselho Nacional de Educação

COBENGE – Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia

CVT – *Continuously Variable Transmission*

DCN – Diretrizes Curriculares Nacionais

DES – Diretoria de Ensino Superior

FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis*

LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação

MASP - Método de Análise e Solução de Problemas

NEAC – Núcleo de Engenharia Aplicada a Competições

PBL – *Problem Based Learning*

PDCA – *Plan, Do, Check, Act*

PDI – Plano de Desenvolvimento Institucional

PjBL – *Project Based Learning*

PMBOK – *Project Management book of Knowledge*

SAE – *Society of Automotive Engineers*

UNESCO – Organização Educacional Científica e Cultural das Nações Unidas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 CONTEXTO.....	16
1.2 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	27
1.3 JUSTIFICATIVA.....	27
1.4 OBJETIVOS.....	30
1.4.1 <i>Objetivo Geral</i>	30
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	31
2 MÉTODO.....	32
2.1 A NATUREZA DA PESQUISA E A ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	32
2.2 MÉTODOS DE PROCEDIMENTOS: AS ETAPAS DA PESQUISA.....	34
2.2.1 <i>Sobre o Estudo de Caso</i>	34
2.2.2 <i>As fontes de dados</i>	35
2.2.2.1 Observações	36
2.2.2.2 Entrevistas	37
2.3 TRATAMENTO DE DADOS	40
2.4 SOBRE A ANÁLISE DE DADOS: INFERÊNCIAS, INTERPRETAÇÃO E CONSIDERAÇÕES	42
3 O PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM, A APRENDIZAGEM ATIVA E OUTRAS CORRENTES TEÓRICAS: ASPECTOS E PERSPECTIVAS.....	43
3.1 A EDUCAÇÃO COMO FENÔMENO CULTURAL, TEORIAS E MODELOS PEDAGÓGICOS	43
3.2 A ABORDAGEM TRADICIONAL.....	45
3.3 A APRENDIZAGEM ATIVA	46
3.4 OUTRAS CORRENTES TEÓRICAS	54
4 A EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, A PBL, E A RELAÇÃO COM O SABER	72
4.1 A EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA E A FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO.....	74
4.2 ESTRATÉGIAS PEDAGÓGICAS E A PBL	79
4.3 A ORIGEM E A ADOÇÃO FORMAL DA PBL	80
4.4 CARACTERÍSTICAS GERAIS E POSSIBILIDADES DE APLICAÇÃO DA PBL	82
4.5 SOBRE A NATUREZA DO “PROBLEMA” NA PBL	90
4.6 A PBL E A APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS, UMA DIFERENCIAÇÃO E/OU APROXIMAÇÃO	93
4.7 A PBL, O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS, E A RELAÇÃO COM O SABER	98
5 O ESTUDO DE CASO E O ARTEFATO FÍSICO	104
5.1 A EQUIPE CEFAS BAJA E O CONTEXTO	104
5.2 AS REGRAS DO JOGO	105
5.2.1 <i>As regras da SAE Brasil</i>	105
5.2.2 <i>As regras internas – o Estatuto da Equipe CEFAS BAJA</i>	106
5.3 OS PARTICIPANTES: ESTUDANTES E PROFESSOR ORIENTADOR	108

5.4 COMO FUNCIONA O PROCESSO	109
5.4.1 As reuniões.....	109
5.4.2 As pesquisas, estudos e testes	111
5.4.3 As práticas de oficina.....	112
5.4.4 A gestão do projeto técnico do veículo	113
5.4.5 A gestão da equipe	114
5.4.6 As visitas técnicas e eventos.....	115
5.4.7 A participação na competição	116
5.5 O ARTEFATO FÍSICO: O PROTÓTIPO DO VEÍCULO.....	117
6 O PROCESSO DE APRENDIZAGEM, FORMAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE SABERES DO ENGENHEIRO – ANÁLISE DOS RESULTADOS DE PESQUISA	124
6.1 SABER FAZER - HABILIDADES	125
6.2 SABER PENSAR – CONHECIMENTOS	130
6.3 SABER SER E AGIR – ATITUDES	141
6.4 A EXPERIÊNCIA DE APRENDIZAGEM	154
6.4.1 Os fatores e problemas	155
6.4.2 O que foi feito e por quem.....	159
6.4.3 Como se procedeu.....	165
6.4.4 O propósito da experiência.....	168
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	175
REFERÊNCIAS	188
APÊNDICES.....	197
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	198
APÊNDICE B – OBSERVAÇÕES DE CAMPO.....	199
APÊNDICE C – ROTEIRO PARA ENTREVISTA – ESTUDANTE	200
APÊNDICE D – ROTEIRO PARA ENTREVISTA – EX-INTEGRANTE.....	201
APÊNDICE E – ROTEIRO PARA ENTREVISTA – PROFESSOR.....	202
ANEXO	203
ANEXO 1 – INSPEÇÃO TÉCNICA E DE SEGURANÇA E VERIFICAÇÃO DE MOTOR, SAE BRASIL	204

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

O mundo contemporâneo, configurado como a era da informação e do conhecimento, apresenta um cenário de competição entre as organizações, pressionando-as a desenvolver e manter certas características, tais como: acesso a recursos e tecnologias adequados; domínio técnico e capacidade de produzir com eficiência e boa qualidade; bem como pessoal qualificado para desenvolver processos de trabalho, produtos, serviços e novos negócios. Apesar de tais circunstâncias históricas - condições e demandas de ordem econômica, técnicas, científicas e relativas ao trabalho - terem se conformado e consolidado no bojo do desenvolvimento do capitalismo, como fenômeno mundial da crescente mudança paradigmática do modo de produção fordista/taylorista de organização do trabalho e de sua consequente reestruturação produtiva, iniciada na década de 1970 nos países do primeiro mundo e chegado ao Brasil na década de 1990, é, sobre o trabalho e sobre o trabalhador que tais demandas se apresentam de forma mais preeminente. Santos (2003) aponta que esta,

[...] chamada ‘sociedade do conhecimento’ exige [trabalhadores] conscientes da necessidade de saber-fazer, saber-pensar, saber-ser, saber-agir...[demandando]...uma educação que desenvolva ‘competências’ para a formação de um trabalhador “pensante-executante”, capaz de realizar tanto o trabalho manual quanto o intelectual (SANTOS, 2003, p.33).

Este argumento reafirma o Relatório da UNESCO para a educação no século XXI, que defende a educação ao longo da vida como a estratégia e a forma de promover o desenvolvimento contínuo tanto dos indivíduos, quanto das sociedades, estabelecendo assim um primado do *aprender a aprender* (DELORS *et al.*, 2010). Para tanto, defende-se quatro pilares, quais sejam: o *aprender a conhecer*, sendo esta dimensão relativa ao conhecimento, ou seja, através de uma cultura e saberes gerais que se alcance também o estudo de especialidades; o *aprender a fazer*, dimensão relativa às habilidades, e não somente à qualificação profissional, o que tornaria o indivíduo habilitado a enfrentar situações relativas ao trabalho cotidiano; e o *aprender a ser* e a *conviver*, dimensões que contemplariam um saber atitudinal autônomo do indivíduo com compreensão de si e do outro, o que implicaria

num senso de interdependência e responsabilidade individual e social, levando o indivíduo a agir visando o bem comum (DELORS *et al.*, 2010). Ou seja, almeja-se um indivíduo cidadão trabalhador pleno, que tenha adquirido conhecimentos, habilidades e atitudes, que se atualize e que saiba fazer uso individual e também social de sua bagagem cultural, tornando-se capacitado para enfrentar situações diversas, adversas e imprevistas de seu cotidiano.

Neste contexto, e por consequência, o mercado de trabalho vem demandando de forma inequívoca trabalhadores cada vez mais eficazes, multifuncionais e competentes. Neste sentido, engenheiros com conhecimento técnico, com habilidades gerais e específicas, bem como comportamentos excelentes, e em última instância, que agreguem valor e gerem retornos financeiros, são muito demandados pelas organizações.

Cabe ao sistema educacional e de formação destes profissionais, como bem apontou Dugué (2004, p.31), “formar para um trabalho específico sem enclausurar nos limites de um ofício”, isto é, formar um profissional especialista e generalista. Espera-se do sistema de formação a especialização do estudante, mas que possibilite também a este a capacidade reflexiva para, com sua bagagem de conhecimentos e competências, ultrapassar sua área de atuação, contribuindo para o progresso tecnológico, bem como para seu desenvolvimento pessoal. Por isso, hoje, a maioria das instituições educacionais têm notoriamente se proposto a formar profissionais plenos, com especialidade e competência adequados às demandas do mundo capitalista. Baseada no tripé proposta pedagógica/estudantes/professores, a escola seria o principal espaço mediador da formação e desenvolvimento de profissionais para o mercado de trabalho, seja ela uma escola técnica, de cursos de graduação e especialização em geral, de extensão e qualificação, redes educacionais privadas ou públicas.

E a educação em engenharia não passa ao largo dos efeitos destas demandas ao sistema educativo. Grimoni *et al.* (2012, p.62) apontam que desde os anos de 1980, ocorreu um movimento nos Estados Unidos da América, bem como em outros países e órgãos multilaterais, objetivando uma reestruturação e melhoria na qualidade da educação em engenharia. Este esforço visou também à busca por novas estratégias de ensino-aprendizagem que formassem profissionais alinhados às novas demandas da sociedade e do mundo do trabalho.

No Brasil, vários autores (PINTO *et al.*, 2010; SOUZA *et al.*, 2010) apontam que a área de educação em engenharia tem evoluído, porém, há carência de formação adequada dos engenheiros ao mundo atual, carência esta também verificada no que tange à formação dos professores de engenharia pois, se antes o conhecimento técnico era suficiente para a

atividade docente, hoje já não o é. Argumenta-se que nos últimos anos houve aperfeiçoamentos em termos da legislação educacional, com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, Lei 9394/96), que em seu Artigo 43 menciona, como finalidade da educação superior, o estímulo e o desenvolvimento do espírito científico e do pensamento reflexivo; e com a Resolução 11/2002 do Conselho Nacional de Educação que estabeleceu as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para os cursos de engenharia. Para os autores, tais diretrizes ainda não se encontram totalmente incorporadas aos cursos, e aponta-se que uma “nova filosofia da educação em engenharia [deva ser] centrada no estudante e sua participação ativa no processo de aprendizado” (BORGES, *apud* PINTO *et al.*, 2010, p. 11).

Ademais, ressalta-se que na referida legislação, buscou-se introduzir o conceito de competência em uma abordagem pedagógica transdisciplinar (SOUZA *et al.*, 2010, p.36), ou seja, uma abordagem que promova o alargamento e interseção das fronteiras entre áreas de conhecimento e que, apesar de implicar uma “multiplicidade de perspectivas particulares [...] exige a perspectiva global” (MORIN, 2010, p.109) tanto para o entendimento de forma orgânica de fenômenos, processos, problemas, quanto para a construção de projetos comuns.

Mas o que é *competência*? Importa neste ponto fazer uma breve digressão sobre o termo. É a competência algo que se ensina? Disciplinas são capazes de desenvolver os saberes convertendo-os em competências? A pedagogia e o processo de ensino-aprendizagem são capazes de formar competências? O termo competência vem sendo usado em vários domínios do conhecimento – na administração, no direito, na economia, na sociologia do trabalho, entre outros – e em várias acepções tais como competência essencial, organizacional, técnica, emocional, transversal, etc. No âmbito do trabalho, das empresas e organizações em geral, percebe-se usos diversificados, ora referindo-se à especialidade técnica de um trabalhador específico, ora referindo-se a um conjunto de capacidades, e, no meio acadêmico também verifica-se diversas correntes teóricas.

A abordagem americana para competência, pode-se dizer, nasceu em 1973 em um artigo de David C. McClelland – “*Testing for competence rather than for intelligence*”² - onde o autor propunha, como alternativa aos testes de inteligência, um conceito de competência. O artigo define competência como “algo subjacente ao indivíduo e que estava diretamente ligado ao desempenho superior na realização de uma tarefa ou atividade desenvolvida” (McCLELLAND, *apud* SILVA *et al.*, 2013, p.3). A partir daí, estudos posteriores

² Tradução: Testando pela competência mais que pela inteligência.

consolidaram a visão de que o desempenho em uma dada ação é o elemento fundante de tal conceito e que “o máximo desempenho ocorre quando a capacidade ou talento da pessoa é compatível com as necessidades das demandas” do trabalho (BOYATZIS, 2008, p.5).

No campo organizacional e da gestão de pessoas, Fleury e Fleury (2001, p.185) seguindo esta corrente teórica, apontam que competência pode ser conceituada como um conjunto de “conhecimentos, habilidades e atitudes”, comumente conhecido pela sigla CHA, o que asseguraria melhores desempenhos e resultados fundamentados tanto em inteligência, quanto na personalidade das pessoas. Entretanto, Fisher *et al.* (*apud* BIANCO; ZANDONADE, 2014, p. 448), argumentam que, nesta visão, a competência restringe-se a um conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes em si, desvinculado de um contexto social, econômico, e histórico, e que serviria apenas para aumentar o desempenho, relacionando competência ao conceito de *entrega e agregação de valor*, e em última instância, melhorando resultados das organizações.

Por outro lado, há a abordagem da sociologia francesa do trabalho. Para Zarifian (2001, p.72) competência, “é um entendimento prático de situações que se apoia em conhecimentos adquiridos e os transforma na medida em que aumenta a diversidade das situações”. Nesta visão, a competência se constrói na experiência, na dinâmica da aprendizagem e na habilidade de mobilizar conhecimentos para resolver situações problema.

O fato é que a noção de competência em termos gerais é multidimensional, contempla várias características e é proveniente de várias fontes e campos de saberes objetivos e subjetivos, desde conhecimentos técnicos específicos, habilidade comunicativa, inteligência emocional, história de vida etc. Para Rey (2002, p. 48), este conjunto de fatores configuraria a competência e esta seria um construto intencional capaz de conduzir o homem moderno a gerar e adaptar seus atos e palavras a fim de compreender o mundo e agir sobre ele, nesta visão, competência seria uma integração de saberes e “poder do conhecimento”.

A despeito de tais nuances de definição para o termo, e ainda, a despeito da discussão teórica sobre os aspectos ideológicos e sócio-históricos que o termo carrega, oriundos de questionamentos e do embate *capitalistas versus trabalhadores*, *capital versus trabalho*, enquanto categorias de análise e entendimento para os problemas do mundo do trabalho contemporâneo, estes aspectos não são foco desta pesquisa. Temos em vista as fragilidades que o termo carrega, como apontou Perrenoud (2013), fragilidades estas de precisão conceitual, de verificação empírica, bem como, o fato de suscitar o questionamento se seria a missão da escola formar competências. Porém, importa ressaltar que nesta pesquisa,

optou-se pelo construto conceitual de que competência encerra um conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes representados e configurados no fazer prático e na intervenção ponderada, considerando-a como a gestão do conhecimento de forma geral, e que tais atributos são passíveis de serem trabalhados no processo educativo de forma a potencializar uma educação integral.

Voltando às DCN's, estas também trouxeram à tona a necessidade de se fortalecer as Atividades Complementares na formação do engenheiro uma vez que por meio delas é que se podem fazer as “mediações sociais entre conteúdos técnicos e as dimensões generalista, humanística e crítica” (TONINI; LIMA; 2009, p. 36), dimensões estas esperadas no engenheiro recém-formado e que, segundo as autoras, deveriam agora permitir conforme a Resolução CNE/CES 11/2002,

[...] a construção de um novo perfil do profissional de engenharia, que considere não somente a capacidade de propor soluções tecnicamente corretas, mas também a ambição de considerar os problemas em sua totalidade, a base filosófica com enfoque na competência, a preocupação com a valorização do ser humano e a preservação do meio ambiente, além da integração social e política desse profissional (TONINI; LIMA; 2009, p. 38).

Conforme nos lembra Tonini (2009, p.17), as Atividades Complementares previstas na Resolução CNE/CES 11/2002 em seu artigo 5º, “são trabalhos de iniciação científica, projetos multidisciplinares, visitas técnicas, trabalhos em equipe, desenvolvimento de protótipos, monitorias, participação em empresas juniores e outras atividades empreendedoras”, ou seja, exatamente as atividades práticas que precisariam ser ofertadas levando à uma flexibilização curricular ao passo que reduziria-se o tempo em sala de aula do modelo tradicional de transmissão de conhecimentos em favor de um aprendizado mais ativo com trabalho de pesquisa e construção do saber tanto individual, quanto em grupo pelos estudantes. Ademais, a formação em engenharia, como nos lembra Loder (2009), não pode ser pensada de maneira descontextualizada, “não há como concretizar a formação em engenharia no âmbito de uma cultura livresca, sem que haja atividades práticas” (LODER, 2009, p. 302).

As DCN's, na prática apenas ensejaram uma reformulação na formação dos engenheiros, estabelecendo um perfil do egresso vinculado a uma lista de competências a serem desenvolvidas. Tais competências encontram-se no Artigo 4º das DCN para os cursos de engenharia, quais sejam:

- I. Aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia;
- II. Projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados;

- III. Conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos;
- IV. Planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia;
- V. Identificar, formular e resolver problemas de engenharia;
- VI. Desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas;
- VII. Supervisionar a operação e a manutenção de sistemas;
- VIII. Avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas;
- IX. Comunicar-se eficientemente na forma escrita, oral e gráfica;
- X. Atuar em equipes multidisciplinares;
- XI. Compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissional;
- XII. Avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental;
- XIII. Avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia;
- XIV. Assumir a postura de permanente busca de atualização profissional (Resolução CNE/CES/11/2002).

Assim, conforme definido nas DCN's, almejou-se como perfil do egresso engenheiro, uma formação integral, com capacidade reflexiva, levando-o a

[...] absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística em atendimento às demandas da sociedade (Resolução CNE/CES/11/2002).

Ou seja, buscou-se tanto incluir atributos referidos às competências de caráter não técnico, quanto também favorecer a “assimilação dos conteúdos teóricos no campo de aplicação da prática com atuação criativa, eficiente e participativa no desenvolvimento de [...] competências e habilidades requeridas no mundo do trabalho” (TONINI, LIMA, 2009, p.44).

Entretanto, de maneira geral, o modelo de organização curricular dos cursos de engenharia ainda é tradicional, conteudista e tecnicista, com um quadro de disciplinas fragmentadas e descontextualizadas, sendo que as mudanças são verificadas em sua maioria apenas pela “adição ou supressão de conteúdos ou pelo desdobramento dos cursos em habilitações ou ênfases” (OLIVEIRA, 2005, p.10). Outro ponto ressaltado pelo autor é a inadequação de aspectos didáticos e pedagógicos tradicionais praticados, constituídos fundamentalmente por aulas expositivas e trabalho de fim de curso, o que coloca em questão a efetividade do processo formativo. Ainda segundo Grimoni *et al* (2012, p.64), haveria pouca “correlação entre teoria e prática e a inserção no ambiente profissional é feita de forma tardia” pelos estudantes muitas das vezes despreparados para as atribuições de suas funções reais no trabalho.

Ademais, segundo o XLIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE) realizado em setembro de 2015, cujo tema foi “Aprendizagem ativa: engenheiros colaborativos para um mundo competitivo”, a prática tradicional de transmissão de conhecimentos sendo assimilados passivamente pelos estudantes ainda se faz presente.

Dentre as temáticas do congresso, pode-se citar: competência em inovação; formação de professores de engenharia; experiências interdisciplinares; *peer instruction*³; Aprendizagem Baseada em Problemas - *Problem Based Learning (PBL)*; pedagogia por projetos; abordagem por competências; estratégias de aprendizagem de cálculo e outras disciplinas; educação a distância em engenharia; dentre outros. Muito do que se discutiu neste evento foi a necessidade de mudanças no modelo de ensino-aprendizagem, bem como as alternativas e experiências de ensino da engenharia no Brasil e em outras partes do mundo. Apesar da pauta principal do congresso, tais demandas são recorrentes, a considerar a data de edição da Resolução CNE/CES em 2002, e como nos lembra Tonini (2009, p.18),

[...] faz-se necessário introduzir métodos pedagógicos modernos, fundamentados na aprendizagem, que permitam o ‘aprender a aprender’ e a ‘empreender’. Para essa nova formação, devem-se considerar não somente as habilidades técnicas como também as habilidades humanas, gerenciais e sociais, procurando capacitar o engenheiro para que possa contribuir com o desenvolvimento de tecnologias e, principalmente, tenha uma postura crítica e esteja consciente do seu papel na sociedade.

Na educação profissional tecnológica de nível superior, especificamente no campo das engenharias, há que se buscar a efetiva conciliação entre conteúdos e competências no processo educativo, incorporando novas práticas ao percurso formativo, tendo em vista o desenvolvimento e consolidação de saberes, ou seja, promover uma mudança nas formas tradicionais de ensino para uma aprendizagem mais reflexiva, ativa e efetiva, e, para tanto, há algumas alternativas de métodos de aprendizagem.

Um exemplo desta nova perspectiva de ensino da engenharia é o primeiro curso de graduação em Engenharia em Inovação no Brasil, aberto em 2015 pelo Instituto Superior de Inovação e Tecnologia⁴, num projeto pedagógico diferente do que prevalece no ensino tradicional e que segue modelo adotado pelo *Massachusetts Institute of Technology* e pela *Harvard University*, ambas instituições norte-americanas. Neste curso, a missão é formar engenheiros capazes de identificar, inovar e empreender soluções, transformando e humanizando a sociedade contemporânea através da convergência de saberes aprendidos. Objetiva-se formar engenheiros multi-especialistas conjugando uma sólida formação básica nas competências técnicas e científicas da engenharia, bem como buscando o desenvolvimento de competências transdisciplinares voltadas para a inovação ao passo que

³ Modalidade de aprendizagem onde um estudante ou mesmo trabalhador passa instrução/conhecimento para o seu par sobre uma questão ou trabalho a ser executado.

⁴ <http://www.isitec.org.br>

capacita-os a atuar em diferentes setores sem necessidade de especialização, não permitindo assim que o progresso técnico torne sua formação obsoleta. Para tanto, o projeto pedagógico enfatiza a aprendizagem permanente, a gestão e o empreendedorismo capacitando-o a conduzir processos e soluções de inovação em qualquer área. Neste curso o professor não detém o monopólio do saber e o estudante participa do processo ativamente, buscando conhecimento, trocando experiências, e decidindo as melhores soluções. Entretanto, trata-se de um curso novo e que demandaria um tempo maior de maturação para avaliação de sua efetividade no que tange a sua intenção de formação de competências transversais ligadas a inovação.

Segundo Perrenoud (1999), programas ou currículos baseados em uma abordagem que contemple o desenvolvimento de competências devem, a partir da transposição didática, ou seja, práticas pedagógicas integradoras e mobilizadoras de conhecimentos, promover a adoção de pedagogias ativas como projetos, trabalhos em grupo e situações-problema significativos.

Em geral, trabalhar com situações-problema e projetos envolvem o planejamento, a programação e o controle, ao passo que busca-se integrar tarefas de modo a alcançar objetivos estabelecidos (KERZNER, 2006) e considerando a aprendizagem via abordagem por projetos, segundo Hernández (1998), os projetos desenvolvem nos estudantes, certas capacidades, tais como:

- auto-direção: pois favorece as iniciativas para levar adiante, por si mesmo e com outros, tarefas de pesquisa;
- inventiva: mediante a utilização criativa de recursos, métodos e explicações alternativas;
- formulação e resolução de problemas, diagnóstico de situações e o desenvolvimento de estratégias analíticas e avaliativas;
- integração: pois favorece a síntese de ideias, experiências e informação de diferentes fontes e disciplinas;
- tomada de decisões: já que será decidido o que é relevante e o que se vai incluir no projeto;
- comunicação interpessoal: posto que se deverá contrastar as próprias opiniões e pontos de vista com os outros, e tornar-se responsável por elas (HERNÁNDEZ, 1998, p.73).

Com a abordagem por projetos, acredita-se ainda que tais capacidades agreguem aos estudantes uma melhor e mais completa preparação para a vida profissional, pois adota-se uma modalidade integradora de atividades, estimulando a efetiva participação dos estudantes, aprende-se a planejar, a negociar e decidir, a pesquisar, ao passo que propicia-se a formação ética, a cooperação pelo trabalho coletivo, ou seja, o desenvolvimento de conhecimentos,

habilidades e atitudes. Estes atributos foram verificados ao que Carvalho (2014) apurou em seu estudo com 17 engenheiros em seis grandes empresas de Minas Gerais, quanto às competências necessárias ao exercício da profissão, além é claro, de conhecimento técnico, comunicação escrita e saber ouvir, e Gestão de Projetos. Ainda segundo Loder (2009), as atividades de projetos são uma,

[...]instância privilegiada de aprendizagem uma vez que se constitui, primordialmente, em um exercício da autonomia do aluno. Ao projetar, o aluno realiza atividades que vão da concepção à execução de uma solução, através de ações de interiorização e reconstruções endógenas do saber e demandadas por ações concretas ou motoras inteligentes, de forma individual ou cooperativa. Pela sua dinâmica, o projeto se apresenta, também, como instância em que mais se evidencia, no contexto escolar da engenharia, a interdependência entre as estruturas do pensamento e as relações sociais, bem como se apresenta como fator promotor da autonomia moral e da construção do conhecimento do aluno (LODER, 2009, p.315).

Neste cenário e, considerando a Educação em Engenharia, o CEFET-MG se destaca, pois apresenta alguns projetos de extensão, tais como: o Programa de Educação Tutorial (PET), com atividades diversas; a Empresa Júnior de Engenharia de Produção Civil/Administração; a Innova, comunidade acadêmica que visa integrar estudantes em atividades de extensão, aliando teoria e prática em soluções inovadoras em diferentes áreas de atuação; o Programa de Estudos em Engenharia, Sociedade e Tecnologia (PROGEST), que visa oferecer cursos à comunidade, ministrados por estudantes; bem como, as cinco equipes de competição vinculadas ao Núcleo de Engenharia Aplicada a Competições (NEAC).

O CEFET-MG é uma instituição com mais de 100 anos e, desde 1978, oferece cursos de nível superior, contando hoje no *campus* de Belo Horizonte com 11 cursos de engenharia, além de *campi* em mais oito cidades; trata-se da maior instituição de ensino profissional tecnológico do estado. A instituição oferece formação desde o nível técnico ao doutoramento, e os estudantes integram grupos de pesquisa, atividades de extensão, compartilham e constroem conhecimentos acompanhados por docentes altamente qualificados. Os cursos oferecidos acompanharam a industrialização do país e hoje também abarcam setores de serviços e novas tecnologias. Os egressos certificados pelo CEFET-MG são socialmente reconhecidos como profissionais com uma sólida formação científica e de tecnologias, e a instituição busca oferecer um ambiente propício ao desenvolvimento de competências bem como de uma visão crítica da sociedade onde os futuros profissionais irão atuar.

Dentre os princípios didático-pedagógicos da educação profissional tecnológica constantes no Plano de Desenvolvimento Institucional 2010/2015 (PDI, p. 90), encontram-se:

a formação tecnológica e não apenas técnica; a integração entre teoria e prática, possibilitando a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos; a possibilidade de aplicação de conhecimentos em experiências externas à sala de aula, dentre outros. Ressalta-se, ainda, que o Programa de Desenvolvimento e Fomento a Graduação tem como um de seus objetivos a expansão da oferta de experiências extraclasse na estrutura curricular (PDI, p. 95).⁵

Porém, mesmo antes do PDI 2010/2015 e, visando propiciar uma educação tecnológica plena, o CEFET-MG, por intermédio da Diretoria de Ensino Superior (DES), criou em 2004 o NEAC, cujo objetivo é apoiar o desenvolvimento e a participação de equipes de estudantes em competições de âmbito nacional e internacional, através de: subsídios à projetos de construção de protótipos industriais; disponibilização de laboratórios e oficinas; planejamento e execução de projetos relativos a disciplinas curriculares, bem como pesquisas no campo da engenharia. E, por serem alinhadas à legislação, tais atividades desenvolvidas pelos estudantes integrantes das equipes de competição podem ser computadas como Atividades Complementares na carga horária dos cursos a que estão vinculados.⁶

O NEAC abriga atualmente cinco equipes que atuam em diferentes campos como: equipe AERODESIGN, destinada à construção de protótipos de aeromodelismo e criada em 1999; ECOFET, para estudos sobre eficiência em partes móveis, motor, peso e eficiência energética de veículos, e que teve início em 2007; FÓRMULA CEFAST, para construção de um protótipo de veículo de corrida de alta performance, criada em 2005; TRINCABOTZ, destinada a área de robótica, iniciou em 2004; e a equipe CEFAST BAJA⁷, iniciou em 1996, destinada à construção de um protótipo de veículo para ser usado fora de estrada, *off road*.

Assim, considerando estas iniciativas do CEFET-MG e as necessidades de formação do engenheiro e, considerando, ainda, que estas iniciativas não têm formalmente uma vinculação de caráter teórico-metodológico às teorizações da área da educação, esta pesquisa adotou como objeto de estudo, ou campo de pesquisa, uma das equipes de competição, no caso, a equipe CEFAST BAJA, por tratar-se da equipe pioneira, fundada em 1996, existente mesmo antes da Resolução CES/CNE 11/2002.

⁵ <http://www.cefetmg.br>

⁶ Conforme Resolução da Secretaria de Graduação 17/2011, estudante pode fazer aproveitamento de até 90 horas.

⁷ O nome CEFAST é um acrônimo para a junção das palavras Cefet e Fast (rápido em inglês). Baja é o termo proveniente do inglês para designar a categoria de veículos modificados para competição *off road*. Os nomes das outras equipes também são acrônimos.

A equipe e as atividades que a compõem constituirão o estudo de caso apresentado no Capítulo 5, onde serão detalhados seus elementos, seus fatores e sua dinâmica de funcionamento. O projeto consiste no desenvolvimento e construção de um veículo para participar da competição SAE Brasil, organizada pela Sociedade de Engenheiros para a Mobilidade, subsidiária da *Society of Automotive Engineers* (SAE) cuja origem data de 1976 nos Estados Unidos. Trata-se de uma competição entre instituições de ensino superior que tem se tornado a mais importante atividade extracurricular para estudantes de engenharia no Brasil e no mundo. O projeto tem caráter interdisciplinar, pois envolve os campos de aplicação da Engenharia Mecânica, Elétrica, de Materiais, e os campos de Computação, e Administração. O desafio proposto possibilita a aplicação prática de conhecimentos teóricos, sendo o seu objetivo maior a preparação para a vida profissional, pois o estudante se envolve em um projeto real de desenvolvimento desde sua concepção, tornando a experiência relevante em termos de aprendizado.

Considera-se que a adoção de atividades complementares como os projetos do NEAC, com caráter integrador de conhecimentos no processo de formação, configura-se como uma oportunidade prática onde o professor deve atuar como orientador, promotor e facilitador do desenvolvimento do aprendizado, e que por outro lado, possibilita ao estudante uma formação integral, levando-o a “pensar, questionar, atuar de forma ativa e com autonomia” (ARAÚJO, 2009, p.13), ao passo que participa ativamente do processo de construção e consolidação de saberes disciplinares, habilidades e atitudes necessárias ao desempenho profissional do engenheiro.

Numa primeira abordagem ao projeto CEFAS BAJA, percebeu-se que este apresentava semelhanças teórico-metodológicas com a teorização acerca da aprendizagem ativa e com a abordagem da Aprendizagem Baseada em Problemas, ou *Problem Based Learning (PBL)* e, sendo assim, adotou-se como pressuposto teórico que tal projeto e seu processo de aprendizagem apresentam elementos da aprendizagem ativa e seus desdobramentos práticos. Nestas abordagens, preconiza-se a atuação ativa do estudante na construção do processo formativo e enfatiza-se a *aprendizagem* e não o ensino, uma vez que se considera que o professor não é o detentor exclusivo do conhecimento. Assim, esta pesquisa busca compreender esta experiência de aprendizagem, bem como os elementos e fatores intervenientes em tal processo educativo.

Diante do exposto, depreendem-se uma série de questionamentos, como, por exemplo: como se forma um engenheiro? Em que medida a prática pedagógica

interdisciplinar diferenciada se relaciona com as teorias da aprendizagem? Que elementos do processo de aprendizagem favorecem a consolidação dos saberes e a formação do engenheiro? Que dimensões práticas a experiência deste projeto revela? Trata-se de questões que remetem a dimensões subjacentes à problemática do processo de aprendizagem e da formação do engenheiro e que com a pesquisa espera-se compreender com o exame do estudo de caso do projeto CEFAST BAJA.

1.2 Apresentação do problema

Esta pesquisa busca compreender como é o processo de aprendizagem, desenvolvimento e formação de saberes do engenheiro por meio do projeto do protótipo de veículo CEFAST BAJA no CEFET-MG, buscando identificar os elementos que colaboram no processo formativo e como estes se encontram materializados no espaço-tempo deste projeto.

1.3 Justificativa

A despeito do fato de que saberes se formam em todos os âmbitos e fases da vida das pessoas, tanto as escolas como os professores representam o que historicamente está estabelecido, respectivamente, como o espaço e os formadores de saberes e competências, sejam disciplinares ou transversais; assim, no processo pedagógico é fundamental que se compreenda como ocorre o processo formativo, como atua o profissional da educação incumbido de orientar tal processo e como participa o estudante em seu percurso de formação e desenvolvimento profissional.

Do ponto de vista social, é relevante examinar o processo formativo da educação profissional tecnológica de nível superior, uma vez que a sociedade contemporânea espera que o estudante, no nosso caso, um futuro engenheiro, ao ingressar na vida profissional seja

capaz de mobilizar saberes e competências consolidadas, gerando novos “arranjos materiais e sociais que envolvem processos físicos e organizacionais, referidos ao conhecimento científico aplicável” (OLIVEIRA, 2000, p.42), ou seja, gerando inovações e desenvolvimento em termos de processos, produtos e serviços, bem como exercendo plenamente a cidadania. Ademais, a sociedade também espera que o docente, condutor deste processo de formação, seja capaz de tal incumbência, uma vez que a atividade docente representa,

[...] um compromisso com o futuro, com uma transformação norteada por princípios, valores e objetivos próprios aos ideais de formação escolar...[e]...representa a conservação e a renovação de aspectos de um legado cultural ao qual se atribui valor formativo, como a literatura, a matemática, as ciências, as artes e as humanidades [...] práticas sociais não discursivas e certos princípios éticos e políticos (CARVALHO, 2013, p. 133).

Do ponto de vista prático, compreender uma experiência de processo formativo propiciará um melhor entendimento sobre a prática docente, sobre a maneira de conduzir, orientar e mediar em um processo de aprendizagem. Trata-se de identificar quais competências pedagógicas a atuação deste professor revela, ou ainda, perceber de qual teorização do processo educativo sua prática docente se aproxima. Também, é importante investigar alternativas pedagógicas, ou seja, estratégias e metodologias de aplicação visando uma formação plena, mostrando que é possível trabalhar temas ou projetos específicos com interdisciplinaridade, trabalho em equipe, etc. Como nos lembra Sousa (2015, p.22), é necessário investigar a articulação nos processos de ensino-aprendizagem com “uma metodologia ativa que proporcione ao estudante a oportunidade de desenvolver-se como protagonista no processo de construção do conhecimento”.

Quanto às contribuições teóricas, de forma geral, existem diversas pesquisas sobre concepções e modelos de ensino-aprendizagem em diversos temas específicos e campos do saber como a psicologia da aprendizagem, pedagogia, ensino de línguas estrangeiras, formação e currículos de professores, dentre outras. Entretanto, Tardiff & Lessard (2005, p. 260) apontam que a interação professor-estudante no processo formativo, chamada pelos autores de “tecnologia da interação”, por se tratar de uma questão de difícil compreensão, não tem sido estudada por pesquisadores. Adicionalmente, conforme Ribeiro (2005), há uma lacuna de pesquisas sobre métodos de ensino-aprendizagem em Engenharia, bem como sobre a percepção do estudante - futuro engenheiro - o que para o autor representaria um ganho no que diz respeito ao entendimento mais amplo de como se alcançar efetividade em processos formativos.

Por outro lado, considerando a aprendizagem ativa em seus aspectos, perspectivas e desdobramentos - a centralidade do estudante, o papel do professor, a interação professor-estudante, competências transversais, PBL, pedagogia por projetos, aprendizagem significativa, dentre outros conceitos e abordagens - e tomando os descritores relacionados a estas temáticas, procedeu-se a uma busca por artigos, teses e dissertações relacionados ao tema nos portais de banco de dados Banco de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações. Verificou-se uma grande quantidade de trabalhos com tais temas e descritores, entretanto, procedendo-se à fase das filtragens, constatou-se haver poucos trabalhos acerca da aprendizagem ativa e da PBL no ensino da engenharia, sendo a maioria destes circunscritos à disciplinas específicas, e, nenhuma dissertação ou tese acerca do uso da PBL e do processo de aprendizagem de engenheiros com base em uma experiência interdisciplinar circunscrita às Atividades Complementares do currículo, como no caso da equipe e do projeto do veículo CEFAST BAJA do CEFET-MG.

Nos anais do COBENGE, relatado por Neto *et al.* (2014), entre os anos de 2008 a 2012 verifica-se 48 artigos sobre o uso da PBL no ensino da engenharia de algumas instituições que vêm realizando atividades com estratégias de aprendizagem ativa, porém, também tratam-se de experiências circunscritas a disciplinas e seus objetos específicos e não em Atividades Complementares e interdisciplinares.

Assim, diante dos resultados das buscas, posteriormente, foi feita a leitura destes trabalhos a fim de se tomar ciência do *estado da arte* e de questões que envolvem a problemática do tema. Tais leituras fazem parte constitutiva desta pesquisa nos dois capítulos seguintes, bem como, deram subsídios na orientação da pesquisa de campo, nas análises e considerações finais.

A pesquisa apresenta também um caráter institucional, pois busca-se contribuir para o próprio CEFET-MG, uma vez que o projeto do veículo CEFAST BAJA ainda não foi objeto de estudo na área da educação profissional tecnológica, tampouco pela própria instituição que o mantém, o que, a partir da compreensão desta experiência, propiciaria uma possibilidade de ampliação para outros campos de atuação pedagógica na educação em engenharia com vistas à construção de uma universidade tecnológica; não no sentido reducionista de servir ao mercado de trabalho com formação de profissionais, mas no sentido de uma verdadeira universidade tecnológica pública, que visa à universalidade e à difusão dos saberes, bem como ao desenvolvimento da educação tecnológica, entendendo a tecnologia

como “ciência do trabalho produtivo” (GAMA, 1986 *apud* LIMA FILHO, 2010, p.153), ou ainda, um processo de construção sócio-histórico integrado às relações sociais de produção (LIMA FILHO, 2010).

Ademais, apesar da caracterização do NEAC, e do projeto do veículo CEFAST BAJA, não se verificou nenhuma vinculação formal às teorias educacionais. Assim, na perspectiva da metodologia da Pesquisa em Design em Educação, é importante descobrir e compreender em um projeto que ainda não foi foco de estudos, como os estudantes aprendem e como os professores atuam, ou seja, como os agentes operam no ambiente e no processo educativo circunscrito no projeto do veículo, a fim de, em certa medida, buscar “teorizar sobre o modo que os participantes respondem no ambiente” (KELLY *et al.*, 2008, p.13). Espera-se, portanto, que a pesquisa venha a contribuir de forma significativa no entendimento tanto da atuação do professor com perfil mediador quanto do papel ativo do estudante no processo de construção de saberes do engenheiro.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Compreender o processo de aprendizagem, formação e desenvolvimento de saberes do engenheiro por meio do projeto interdisciplinar do veículo CEFAST BAJA no CEFET-MG.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar competências pedagógicas docentes na atuação mediadora em interação com os estudantes;
- identificar saberes - conhecimentos, habilidades e atitudes – desenvolvidos e mobilizados no processo de aprendizagem pelos estudantes;
- avaliar a percepção dos participantes envolvidos no processo formativo;
- analisar a experiência e verificar o pressuposto teórico de sua vinculação com a teorização da aprendizagem ativa, bem como seus desdobramentos práticos via PBL.

A seguir, apresenta-se o Quadro 1 Estrutura Geral da Dissertação.

QUADRO 1 – Estrutura Geral da Dissertação

Tema	Problema	Objetivos		
		Geral	Específicos	
Formação, aprendizagem e desenvolvimento de saberes do engenheiro	Compreender como é o processo de aprendizagem, formação e desenvolvimento de saberes do engenheiro por meio do projeto do protótipo do veículo Cefast Baja no CEFET MG.	Compreender o processo de aprendizagem, formação e desenvolvimento de saberes do engenheiro por meio do projeto interdisciplinar do protótipo do veículo Cefast Baja no CEFET MG.	Identificar	as competências pedagógicas docentes considerando a sua atuação mediadora em interação com os estudantes
			Identificar	os saberes – conhecimentos, habilidades e atitudes – desenvolvidos e mobilizados no processo de aprendizagem pelos estudantes
			Avaliar	a percepção dos participantes envolvidos no processo formativo
			Analisar	a experiência e verificar o pressuposto teórico de sua vinculação com a teorização da aprendizagem ativa, bem como seus desdobramentos práticos via PBL.

Fonte: elaborado pelo autor.

2 MÉTODO

Neste capítulo detalharemos o plano da pesquisa, o método e seus procedimentos metodológicos, descrevendo o passo-a-passo do percurso investigativo sobre o objeto de estudo, ou seja, como foi executada a pesquisa visando atingir seus objetivos. Fundamentalmente, a pesquisa iniciou-se com uma revisão bibliográfica sobre o tema para aprofundamento teórico e escolha do estudo de caso, para num segundo momento ir a campo, coletar e proceder ao tratamento dos dados, e, finalmente, construir as análises e considerações.

2.1 A natureza da pesquisa e a abordagem metodológica

Do ponto de vista da filosofia da ciência em seus aspectos ontológico, epistemológico, e metodológico, adotou-se como método, orientação e como tratamento empregado na busca pela compreensão do objeto de pesquisa, uma abordagem construtivista social de cunho relativista, ou seja, aquela perspectiva que busca evidenciar o papel dos “valores e da interação [...] na configuração dos ‘fatos’ e a subdeterminação da teoria” (ALVES-MAZZOTTI, GEWANDSZNAJDER, 2002, p.142). Tal abordagem busca evidenciar tanto a objetividade das práticas sociais, no caso, um processo formativo, quanto a experiência vivida e percepção dos sujeitos envolvidos no processo. Nesta perspectiva, o quadro de referência teórica e as categorias teóricas de análise foram definidos ao longo do percurso investigativo (ALVES-MAZZOTTI, GEWANDSZNAJDER, 2002), ao passo que buscou-se ancorar tais categorias nos teóricos da educação de natureza construtivista como apontado no Capítulo 3.

No âmbito desta pesquisa, como um de seus objetivos específicos, buscou-se relacionar o processo de formação à teoria e, para tanto, partiu-se de um pressuposto teórico a ser verificado e corroborado, ou não, na observação da experiência a partir do exame do

estudo de caso (LAKATOS, 2003). Assim, conforme recomenda Lakatos, nesta pesquisa seguiu-se a orientação e o roteiro básico da metodologia de pesquisa científica hipotético-dedutiva proposto por Karl R. Popper (1977), porém, em lugar de uma hipótese, um pressuposto teórico, qual seja: identificação do problema; levantamento da hipótese ou o pressuposto teórico, solução provisória; elaboração da pergunta da pesquisa; coleta de dados e análise; seguida da corroboração ou não das premissas ou pressupostos assumidos antes da realização da pesquisa de campo, levando à solução, síntese ou construto teórico, ou ainda, levando ao surgimento de novos problemas. Vale lembrar que, para Popper (*apud* LAKATOS, 2003, p. 95) “a ciência começa e termina com problemas”.

Importa ressaltar a distinção e aproximação dos conceitos *hipótese* e *pressuposto teórico*. Hipótese é uma conjectura, ou uma,

[...] suposição duvidosa mas não improvável [...] pela qual se antecipa um conhecimento, e que poderá ser posteriormente confirmada... [ou não, ou seja, trata-se de uma] proposição que se admite de modo provisório como princípio do qual se pode deduzir um conjunto dado de proposições (FERREIRA, 1986, p.900).

Por outro lado, pressuposto, é aquele conceito que se antecipa, que se conjectura, que se presume, ou seja, um pressuposto é aquilo que se “pressupõe... [trata-se de uma] ... circunstância ou fato considerado como antecedente necessário de outro” (FERREIRA, 1986, p.1389). Como já mencionado, o pressuposto teórico assumido nesta pesquisa é de que a atividade da equipe CEFAS BAJA contempla elementos e fatores pertinentes à teorização da aprendizagem ativa e seus desdobramentos práticos no uso da PBL como estratégia de aprendizagem e formação de engenheiros.

Ainda considerando as características e os objetivos da pesquisa – demais objetivos específicos e o geral – que visam compreender um processo dinâmico de formação de engenheiros, seus fatores mobilizadores de saberes, bem como a percepção dos seus participantes sobre a experiência educativa, esta pesquisa apresenta uma natureza eminentemente qualitativa e descritiva.

Descritiva, pois busca-se caracterizar o fenômeno educativo em seus elementos e fatores constituintes. Qualitativa, pois busca analisar, verificar e discorrer sobre os aspectos e percepções dos sujeitos participantes em relação à experiência educativa como um todo. Apesar de que a pesquisa qualitativa não enfatiza a mensuração e quantificação do fenômeno em estudo, Minayo (1996, p.24) aponta que a pesquisa qualitativa é aquela que busca

[...] compreender e explicar a dinâmica das relações sociais, que por sua vez, são depositárias de crenças, valores, atitudes e hábitos. Trabalha com a vivência, com a experiência, com a cotidianidade e também com a compreensão das estruturas e instituições como resultado da ação humana objetivada (MINAYO, 1996, p.24).

Assim, adotou-se nesta pesquisa, para compreensão do objeto de estudo, um hibridismo metodológico ou triangulação metodológica, o qual segundo Patton (1987 *apud* YIN, 2005, p. 126) pode se dar tanto em termos de fontes de dados, de perspectivas teóricas sobre o mesmo fenômeno, quanto aos métodos.

Quanto às fontes de dados, foram múltiplas – entrevistas, observações de campo, e exame do artefato físico, que serão detalhados a seguir - em um estudo de caso único, pois considera-se que o hibridismo venha fortalecer e validar o construto teórico analítico, “uma vez que várias fontes de evidências fornecem essencialmente várias avaliações do mesmo fenômeno” (YIN, 2005, p.128). Por fim, consolidando a pesquisa, para as entrevistas, optou-se pela abordagem da análise de conteúdo baseado na teorização de Bardin (1977), que posteriormente aliado à evocação e amparado na argumentação dos capítulos teóricos desta pesquisa, subsidiaram a construção do Capítulo 6 – Análises dos Resultados de Pesquisa - assim como o Capítulo 7, as Considerações Finais.

2.2 Métodos de procedimentos: as etapas da pesquisa

2.2.1 Sobre o Estudo de Caso

Segundo Yin (2005), um estudo de caso é indicado quando se propõe uma pesquisa cuja questão é do tipo “como” e esta recaia “sobre um conjunto contemporâneo de acontecimentos, sobre o qual o pesquisador tem pouco ou nenhum controle” (YIN, 2005, p.28), em outras palavras, trata-se da investigação empírica de um fenômeno examinado em seu contexto real. Em geral, o estudo de caso busca a compreensão de,

[...] uma situação tecnicamente única em que haverá muito mais variáveis de interesse [...]; baseia-se em várias fontes de evidências, com os dados precisando convergir [...]; [e] beneficia-se do desenvolvimento prévio de proposições teóricas para conduzir a coleta e a análise de dados (YIN, 2005, p.33).

O caso de estudo nesta pesquisa é único, pois representa uma unidade de análise, e considerando-se os preceitos da aprendizagem ativa, tomou-se como pressuposto que pode ser um caso representativo, pois apresenta “circunstâncias e condições de uma situação” típica e exemplar (YIN, 2005, p.63) daquela teorização.

Como já mencionado, o projeto CEFAST BAJA apresenta a distinção de não estar vinculado a uma disciplina específica e, sim, a uma experiência educativa no âmbito da Extensão e de Atividades Complementares do currículo, ou seja, suas atividades não compõem uma disciplina e, portanto, não há matéria a ser transmitida pelo professor, tampouco há avaliações, notas e reprovação. Aliado a isto, outro fator que torna este caso distinto e revelador é o não ter sido objeto de estudo na área da educação profissional tecnológica, o que torna a experiência um fenômeno singular justificando sua investigação. Adicionalmente, um estudo de caso único, serviria para “confirmar, contestar ou estender a teoria...[podendo]...então, ser utilizado para determinar se as proposições de uma teoria são corretas ou se algum outro conjunto alternativo de explicações possa ser mais relevante” (YIN, 2005, p.62).

Assim, o projeto CEFAST BAJA e suas atividades, que serão detalhados no Capítulo 5, mostram-se pertinentes aos objetivos da pesquisa, pois, além da singularidade, apresenta a confluência de fatores e aspectos que se vinculam a elementos teóricos de análise determinantes para o entendimento do fenômeno do processo formativo, tanto do papel do professor em sua atuação mediadora do processo educativo, quanto do processo de aprendizagem ativa no corpo discente.

2.2.2 As fontes de dados

A pesquisa de campo buscou dados empíricos em fonte primária, ou seja, os dados a serem analisados foram coletados diretamente no próprio caso de estudo, almejando

identificar a ocorrência de elementos e fatores preconizados pelas teorizações educacionais que embasam a pesquisa. O conjunto de fontes de dados – observações diretas, entrevistas, e artefato físico – serão detalhados a seguir e subsidiaram a composição do Capítulo 6 onde apresentaremos as análises do fenômeno objeto de estudo.

2.2.2.1 Observações

Conforme Bogdan e Biklen (1994, p.113), no trabalho de campo o investigador por um lado entra no “mundo do sujeito [e] por outro, continua a estar do lado de fora. Registra de forma não intrusiva o que vai acontecendo e recolhe, simultaneamente, outros dados descritivos”. De acordo com tais autores, as notas de campo ou observações de campo consistem na,

[...] descrição das pessoas, objetos, lugares, acontecimentos, atividades e conversas. Em adição [...] o investigador registrará ideias, estratégias, reflexões e palpites, bem como os padrões que emergem...[ou seja]...o relato escrito daquilo que o investigador ouve, vê, experiência e pensa no decurso da recolha e refletindo sobre os dados de um estudo qualitativo (BOGDAN e BIKLEN, 1994, p. 150).

Dentre as vantagens da observação na construção de pesquisas de campo, Alves-Mazzotti e Gewandsznajder (2004, p.164) apontam que é possível “identificar comportamentos não intencionais ou inconscientes e explorar tópicos que os informantes não se sentem à vontade para discutir ... [bem como]... permite o registro do comportamento em seu contexto temporal-espacial”.

Quanto ao formato das observações, os autores argumentam que estas podem ser: a) estruturadas, quando o comportamento a ser observado é preconizado por um quadro teórico *a priori*, o que permite identificar categorias ou padrões de análise relevantes para a prática que tal teoria indica ser eficaz; ou b) não-estruturadas, ou seja, observações livres.

Entretanto, nesta pesquisa, a observação de campo – não participativa - tomou a forma semiestruturada, uma vez que, foram preliminarmente elencados elementos e fatores baseados no quadro teórico e buscou-se captá-los nas notas de campo, visando verificar pertinência e aderência do fenômeno aos objetivos da pesquisa, e, adicionalmente, foram

registradas as percepções do pesquisador através de registro livre de fatos e comportamentos não predeterminados, “observados e relatados da forma como ocorrem, visando descrever e compreender o que está ocorrendo numa dada situação” Alves-Mazzotti & Gewandsznajder (2004, p.166).

Para tanto, foi elaborado um roteiro sugerido de observações de campo, APÊNDICE B, com o intuito de orientar o registro livre pelo pesquisador durante os encontros, tais como: reuniões, atividades extra, dinâmicas de grupo, momentos informais na oficina com preparativos, ajustes e manutenção no protótipo, testes no veículo no próprio *campus* e em pista externa, reunião de avaliação, visita de especialistas, simpósio técnico, e nas próprias competições nacional e regional de 2016. Assim, a coleta de dados iniciou-se com as observações de campo e notas de observação durante as diversas atividades desenvolvidas pela equipe. As observações ocorreram no período de 22 de fevereiro a 23 de dezembro de 2016, cobrindo o período preparatório e antecedente à competição nacional, ocorrida em abril de 2016 e à competição regional, ocorrida em setembro de 2016, bem como, um período de reavaliação, discussões iniciais do projeto do novo veículo, e preparação para a competição nacional de 2017.

2.2.2.2 Entrevistas

O segundo instrumento de coleta de dados utilizado consistiu nas entrevistas com os participantes, que segundo Lakatos (2003, p.222), devem ocorrer na forma de uma “conversação efetuada face a face, de maneira metódica”. As entrevistas devem partir de “questionamentos básicos [porém] apoiados em teorias e hipóteses que interessam à pesquisa” (TRIVINOS, 1987, p.146), e assim como as observações de campo, buscou-se verificar a ocorrência de elementos e fatores preconizados pelas teorizações educacionais adotadas e, a partir do material coletado, proceder à análise e construção de uma resposta teórica ao problema proposto na pesquisa.

A priori, os roteiros de entrevistas foram construídos tendo como base a literatura pesquisada, contemplando categorias de análise relativas ao conhecimento, habilidades e atitudes promovidos pela aprendizagem ativa e o uso da PBL na experiência educativa.

Em consonância com os pilares da educação para o século XXI da UNESCO, buscou-se também refletir e utilizar-se das categorias de análise mais essenciais vinculadas ao processo educativo, quais sejam, o saber pensar, o saber fazer, e o saber ser e conviver/agir (DELORS *et al.*, 2010), além da própria experiência de aprendizagem e formação como categoria de análise. Vinculadas a estas categorias de análise preliminares e essenciais – conceitos-chaves - foram elencadas e agrupadas as subcategorias ou unidades de significação – palavras representativas ou indicadores de significação ligados à temática – associadas àquelas.

De posse deste inventário preliminar de categorias e subcategorias de análise, procedeu-se à estruturação de eixos temáticos, visualizada abaixo; esta estrutura permitiu a elaboração dos Roteiros de Entrevistas semiestruturados, apresentados nos APÊNDICES C, D e E.

QUADRO 2 – Inventário preliminar de unidades de análise no processo de aprendizagem

Categorias	Subcategorias - unidades de significação
Saber Fazer - Habilidades	saber procedimental; o fazer; a ação; o saber prático; a aplicação prática/técnica; tarefa.
Saber Pensar - Conhecimentos	saber conceitual e disciplinar; pensar reflexivo-crítico; pensar técnico científico; experimentação e investigação; análise, síntese e criação; planejar, planos de ação; saberes, gestão do conhecimento; conhecimento prévio e potencial.
Saber Ser e Agir - Atitudes	saber atitudinal; saber não disciplinar; ética e co-responsabilidade; trabalho em equipe; relação interpessoal, comunicação e interação; responsabilidade profissional; o contexto social; a educação permanente; criação; adaptabilidade à mudanças; autonomia; desejo, emoção, motivação/interesse/ curiosidade, liberdade, prazer; mobilização de saberes.
A experiência	o estudante e o professor, os problemas, incertezas, imprevistos e conflitos; a reunião e a interação, a discussão, o contexto, a comunicação, linguagem e ação; interdisciplinaridade, competências transversais, integração/mobilização de saberes; trabalho coletivo e de equipe; a descoberta, ensaios e erros; a autonomia e o protagonismo; o projeto; a construção; professor facilitador, moderador, tutor, coordenador, mediador; uso futuro, aperfeiçoamento contínuo, processo iterativo; cultura técnica; relação com o saber; aprender a aprender, processos de trabalho; teoria e prática; avaliação; prática pedagógica; competição; apoio institucional; trabalho e aprendizado.

Fonte: elaboração própria a partir da literatura.

Importa ressaltar que algumas unidades de significação são transversais e ocorrem ou são referenciadas em mais de uma categoria, devido à ambiguidade, e neste caso, recomenda-se considerá-las como unidades de contexto (BARDIN, 1977, p 36).

Buscou-se com as entrevistas explorar o tema do processo formativo em profundidade com os participantes, além de captar a percepção e o significado de tal processo na formação dos futuros engenheiros. As entrevistas foram do tipo semiestruturadas presenciais; realizou-se uma entrevista piloto em julho/2016, para verificação da aderência e adequação das perguntas à teoria de base, bem como às categorias de análise preliminares e à postura do entrevistador quanto à condução das entrevistas. Em agosto/2016 procedeu-se as entrevistas com os demais participantes. Foram realizadas 19 entrevistas sendo: 14 estudantes da equipe regular na ocasião; três ex-integrantes, já formados e atuando no mercado de trabalho; e dois professores, a Professora Orientadora da equipe e um Professor Orientador Técnico do NEAC. No período das entrevistas, estavam entrando na equipe mais nove estudantes, e estes não foram entrevistados exatamente por serem novatos. No Capítulo 6, os participantes serão identificados aleatoriamente como Estudante 1 (E1, E2, E3...e assim por diante, inclusive os ex-integrantes) e os professores como P1 e P2. Demais nomes de pessoas citados nas entrevistas serão substituídos por letras do alfabeto a fim de se resguardar sua identidade. Posteriormente, as entrevistas gravadas foram transcritas para o tratamento de dados.

Importa ressaltar que os Roteiros de Entrevistas foram submetidos ao Comitê de Ética junto à Plataforma Brasil, Protocolo CAAE 56095216.3.0000.5097, e as entrevistas autorizadas pelo CEFET-MG para serem aplicadas aos participantes. Respeitando a legislação, foi coletado o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (APÊNDICE A), assegurando o anonimato e o caráter não doloso aos participantes.

2.2.2.3 Sobre o artefato físico: o protótipo do veículo

Adicionalmente às observações de campo e entrevistas, julgou-se pertinente ao longo da pesquisa a utilização do veículo construído pela equipe CEFEST BAJA como artefato físico, constituindo uma fonte de evidências do processo de aprendizagem dos estudantes. Segundo Yin (2005), artefatos físicos ou culturais também podem ser fontes de evidências para análise num estudo de caso, tais como, “um aparelho de alta tecnologia, uma

ferramenta ou instrumento, uma obra de arte ou alguma outra evidência física” (YIN, 2005, p. 124).

O argumento é a capacidade dos artefatos de apresentarem aspectos técnicos e ou operacionais incorporados - no caso, os subsistemas integrados do veículo - bem como os conhecimentos técnicos vinculados a cada um deles, fato este que torna o artefato significativo, pois representa a consolidação do trabalho e a materialização do processo de aprendizagem dos estudantes em um “produto final”, podendo-se considerar o protótipo do veículo em si “um componente essencial do caso inteiro” (YIN, 2005, p. 124). Assim, a descrição e análise do protótipo serão apresentadas no Capítulo 5 juntamente com o descritivo do estudo de caso.

2.3 Tratamento de dados

Especificamente para as entrevistas, adotou-se a abordagem da *análise de conteúdo temático* proposta por Bardin (1977), de modo a captar e compreender a dimensão qualitativa do processo formativo. Um dos objetivos da análise de conteúdo é a interpretação das mensagens do interlocutor através da

[...] descoberta de conteúdos e de estruturas que confirmam (ou infirmam) o que se procura demonstrar a propósito das mensagens, ou pelo esclarecimento de elementos de significações suscetíveis de conduzir a uma descrição de mecanismos de que a priori não detínhamos a compreensão (BARDIN, 1977, p.29).

Ou seja, investigar e interpretar as mensagens, buscando o que estas podem revelar. Bardin define a análise de conteúdo como,

[...] um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos as condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens” (BARDIN, 1977, p 42).

Assim, após a coleta das entrevistas, das transcrições e leituras, e, considerando que as mensagens consubstanciadas nas falas dos participantes entrevistados carregam em si unidades de significação - palavras indicadoras ou mesmo frases - procedeu-se à

sistematização e tratamento do conteúdo destas. Basicamente, tais operações consistem em classificar e codificar – recorte e enumeração textual - as unidades de significação.

Estes elementos foram posteriormente agrupados em categorias de análise. A categorização é o método que consiste num reagrupamento textual por elementos da mensagem – palavras ou frases portadoras de significados - em grupos ou “espécie de gavetas ou rubricas significativas que permitem a classificação dos elementos de significação constitutivas, da mensagem” (BARDIN, 1977, p 37), onde o critério de classificação e agrupamento é exatamente a atribuição de um sentido comum ao que inicialmente era um conjunto de palavras, frases, temas e contexto, ou seja, indicadores e indícios de sentido. A categorização é uma operação de estruturação de elementos de significação e “representação simplificada dos dados brutos” (BARDIN, 1977, p.119).

Tal classificação ocorreu em função das unidades ou categorias de análise emitidas pelos respondentes baseada nas categorias preliminares adotadas na pesquisa, a fim de se apurar e interpretar as significações nos próprios depoimentos.

Após o tratamento de dados, importa ressaltar ainda que, por ser o objeto desta pesquisa uma experiência formativa complexa, buscou-se condensar as subcategorias de análise constantes do QUADRO 2 a fim de tornar a análise mais operacional, uma vez que no quadro preliminar havia um número excessivo de subcategorias ou variáveis de análise. Adicionalmente, por se considerar um estudo de caso com uma abordagem eminentemente qualitativa e com um universo pequeno de participantes, não foi considerado a frequência na citação de subcategorias de análise para posterior quantificação e inferência de variáveis. Como as entrevistas foram semiestruturadas, na fase tratamento de dados, constatou-se que os depoimentos giravam em torno das categorias já contempladas *a priori*, e que eventualmente as subcategorias de uma categoria perpassavam transversalmente os depoimentos sobre outras categorias, o que justifica a análise somente temática, considerando o contexto das declarações (BARDIN, 1977).

Assim, finalizando a fase de tratamento de dados, consolidou-se o QUADRO 10 - Categorias de Análise, apresentado e analisado no Capítulo 6.

2.4 Sobre a análise de dados: inferências, interpretação e considerações

Como técnica procedimental de investigação, a análise de conteúdo busca revelar e compreender os significados emitidos pela comunicação de um interlocutor, auxiliando na avaliação e na compreensão global de um fenômeno em estudo, e ainda, estabelecendo “uma correspondência entre o nível empírico e o teórico” (BARDIN, 1977, p 69), de modo a corroborar ou não as suposições teóricas assumidas.

Segundo a autora, o interesse não é simplesmente descrever mensagens, mas a partir delas e do tratamento dos dados sistematizados, proceder à análise efetiva, a inferência – dedução lógica – e sua interpretação, levando à compreensão e conhecimento das condições de produção e do meio em que o fenômeno ocorre, ou seja, no nosso caso, compreender o processo de aprendizagem, e verificar se o pressuposto teórico da pesquisa ocorre na experiência formativa do estudo de caso.

Após o tratamento de dados das entrevistas, detalhado na seção anterior, buscou-se através da análise deste material, dos resultados consolidados e sistematizados, o subsídio para a construção do Capítulo 6, que apresenta a síntese e análise temática das categorias de análise, momento no qual se juntarão as notas de observações de campo, aspectos do artefato físico, inferências e interpretações. Para Bardin (1977, p. 175), a interpretação é “a compreensão do processo em ato [e] resulta da confrontação dos diferentes indicadores... [sendo que sua] ...validade é resultante de uma coerência interna entre os diversos traços significativos”. Em seguida, buscou-se consolidar todo o conjunto de análises e observações no subsídio e construção de uma resposta, bem como oferecer uma contribuição ao entendimento do processo aprendizagem tal como ensejado pelo delineamento do objeto de pesquisa, na justificativa e nos objetivos propostos, o que será apresentado nas Considerações Finais.

3 O PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM, A APRENDIZAGEM ATIVA E OUTRAS CORRENTES TEÓRICAS: ASPECTOS E PERSPECTIVAS

3.1 A educação como fenômeno cultural, teorias e modelos pedagógicos

A educação e o fenômeno educativo são decorrência da necessidade do homem tanto de conservar e renovar o conhecimento sistematizado, quanto de promover sua formação e aprimoramento, acompanhando assim, o desenvolvimento da civilização e aumentando sua bagagem cultural. Em outras palavras, o processo educativo em si carrega as funções relevantes da “aquisição, atualização e utilização dos conhecimentos” (DELORS *et al.*, 2010, p.14) em prol do próprio homem e sua cultura. Como nos lembra Bruner (1996), nada está livre da cultura, sendo esta um sistema simbólico orgânico que se reproduz e se transforma, mediatizada pelo saber e pela comunicação partilhados pelos membros de uma comunidade. Assim, também a cultura da educação, “modela a mente e nos provê de um ferramental pelo qual nós construímos não somente nossos mundos mas nossas concepções de nós mesmos” (BRUNER, 1996, p.x).

O processo educativo formal sócio-histórico e culturalmente construído oferecido nas escolas ocorre na prática pedagógica do ensinar e do aprender, estes dois aspectos consubstanciados na relação ensino-aprendizagem. Daí depreende-se, a princípio, que há alguém que ensina - um professor - alguém que aprende - um estudante - e algo que se ensina - o conteúdo ou a matéria objeto do conhecimento.

Esta é a visão simplificada, formal e secular do fenômeno educativo, pois, ainda poderíamos adicionar: o propósito específico para o qual se ensina; o currículo, ou o conjunto de disciplinas e conteúdos ofertados; a avaliação e seu sistema de valoração; os recursos disponíveis para a sua viabilização; o contexto sócio-histórico-cultural e econômico no qual se insere a educação e seus desdobramentos sociais; além da subjetividade dos sujeitos envolvidos e suas interações no processo educativo. Assim, considera-se que tais fatores tornam o processo ensino-aprendizagem complexo.

Por *aprendizagem*, Houdé (2011, p.45) considera que esta “consiste em modificar a capacidade de realizar uma tarefa a partir de uma interação com o ambiente”, com as percepções, ações e correções de erros pelo aprendiz. Em sentido amplo, para Novak (1981) aprendizagem consiste em, “uma mudança no comportamento [...] decorrente de experiências anteriores” (NOVAK, 1981, p.47).

Freire (1996), por sua vez, aponta que, fundamentalmente, o ensino, e o ensinar, deve ser e é muito mais do que transferir conhecimento, é “criar as possibilidades para sua produção ou a sua construção”, e mais, que tal saber docente “não apenas precisa ser apreendido [...] mas também precisa de ser constantemente testemunhado, vivido” (FREIRE, 1996, p.47) em uma experiência educativa transformadora e em relação com os educandos.

A despeito de tais concepções, tal conjunto de fatores e elementos organizados num processo dinâmico e dialógico de apropriação e reelaboração de saberes configuram uma “totalidade” do processo ensino-aprendizagem (LOPES, 1996, p.105), ou seja, do processo educativo.

Quanto a este processo, na educação temos as teorias pedagógicas que se referem aos princípios orientadores da prática pedagógica “considerando suas especificidades epistemológicas” bem como a relação ensino (didática) e aprendizagem, por parte do professor e estudante respectivamente. Como consequência, temos os modelos pedagógicos que oferecem a maneira ou a abordagem como, “o conteúdo será trabalhado e como ocorrerão as interações professor/estudante/objeto de estudo, ou seja, o modelo pedagógico baseia-se nas teorias para definir as premissas que orientarão o trabalho pedagógico” (SANTOS, 2014, p.97). Assim, a relação teoria/prática deve ser indissociável na prática pedagógica e em seu processo dinâmico, uma subsidiando a outra, (re)apropriando e transformando o conhecimento coletivamente (GADOTTI, 1999), bem como os sujeitos envolvidos.

Entretanto, o fenômeno educativo é interpretado por diversas correntes de pensamento, cada qual dando ênfase a um aspecto ou princípios para estabelecer sua configuração enquanto teoria. As teorizações sobre o processo ensino-aprendizagem e as tendências pedagógicas são várias, como bem apontou Santos (2014),

Luckesi (1991) agrupa as tendências pedagógicas em três grupos: redentora, reprodutivista e transformadora. Para Saviani (2007), as concepções de educação são as seguintes: a tendência tradicional e a renovadora. Libaneo (1984) agrupa em tendência liberal (pedagogia tradicional; pedagogia renovada progressista; pedagogia renovada não diretiva, tecnicismo educacional) e a progressista (pedagogia libertadora, pedagogia libertária, pedagogia crítico-social dos conteúdos) ...[e]... Mizukami (1986) [...] considera as diferentes abordagens: tradicional,

comportamentalista, humanista, cognitivista/construtivista e sócio-cultural (SANTOS, 2014, p.98).

Diante de tantas denominações, tratemos de caracterizar nas seções seguintes o que é a educação no modelo tradicional e seu contraponto, uma educação de novo tipo, renovada e mais ativa, bem como outras correntes teóricas.

3.2 A abordagem tradicional

É amplamente aceito entre os teóricos da educação que na categorização da abordagem tradicional da educação formal, o processo ensino-aprendizagem é centrado na exposição e transmissão de saberes pelo professor e o estudante tem papel secundário, sendo o último um mero receptor de instruções e repositório de informações e conteúdos compartimentalizados e cristalizados em disciplinas. Santos (2014) aponta que as disciplinas são apresentadas geralmente de forma isolada, “seguindo a lógica e sequência da matéria”, ao passo que também é geralmente desvinculada tanto dos interesses do estudante, quanto dos problemas reais e da prática social (SANTOS, 2014, p.99).

Como decorrência do modelo tradicional de ensino-aprendizagem, Mizukami (1986) destaca que a formação é baseada no aprendizado de respostas, de comportamentos ou de,

[...] reações estereotipadas, de automatismos denominados hábitos [...] geralmente isolados [...] e aplicáveis, quase sempre [...] às situações idênticas em que foram adquiridos. O estudante que adquiriu o hábito ou que "aprendeu" apresenta, com frequência, compreensão apenas parcial (MIZUKAMI, 1986, p.3).

Neste modelo, a aprendizagem consiste em decorar os conteúdos, e a atividade mental e inteligência são tidas como a “faculdade de acumular/armazenar informações sobre o mundo...[o que]...evidencia-se assim, o caráter cumulativo do conhecimento humano, adquirido pelo indivíduo por meio de transmissão” (LUCKESI *apud* SANTOS, 2014, p.99). Ou seja, um mero treinamento nos moldes da cultura escolar e/ou das profissões e ofícios ensinados, treinamento este, que está longe da formação do pensamento reflexivo.

Referindo-se à educação profissional nas universidades, Demo (2007) aponta que majoritariamente na educação tradicional, a educação é reduzida ao ensino, e enfatiza-se e transparece-se a,

[...] aula reprodutiva, a prova colada, a avaliação pela restituição copiada. O tempo letivo é gasto, essencialmente, em aula e prova. Transmutadas em sistema recorrente, semestre a semestre, produzem os efeitos colimados profissionalizantes, culminando num diploma que atesta tal condição. Por ser um tirocínio⁸ marcado pelo mero treinamento, ou pela simples instrução, ou pela releitura transmissiva copiada de conhecimento também copiado, não se ultrapassa o ambiente de domesticação, por mais elegante que possa ser. Dificilmente aparece o compromisso formativo, que está na base da competência de saber pensar, aprender a aprender e de intervir de modo inovador e ético” (DEMO, 2007, p.60).

Nesta perspectiva, a educação e a formação tradicional, a relação professor-estudante é “vertical” e conforme Mizukami (1986, p.4) o professor “detém o poder decisório quanto a metodologia, conteúdo, avaliação, forma de interação na aula etc”. Considerando este modelo, Rogers (1978) nos lembra que,

[...] quando reunimos em um esquema elementos tais como currículo pré-estabelecido, deveres idênticos para todos os alunos, preleções como quase único modo de instrução, testes padronizados pelos quais são avaliados externamente [...] e notas dadas pelo professor, como medida de aprendizagem, então, quase podemos garantir que a aprendizagem dotada de significação será reduzida a um mínimo” (ROGERS, 1978, p.21).

Quanto à avaliação de desempenho, esta ocorre geralmente *a posteriori* por averiguação da acumulação dos conteúdos, e o processo ensino-aprendizagem poderia se resumir, “em dar a lição e tomar a lição” (MIZUKAMI, 1986, p.4).

3.3 A aprendizagem ativa

Contrário a esta concepção de escola tradicional e seu modelo de ensino-aprendizagem, centrada no ensino transmitido pelo professor, no final do século XIX e início do século XX, o filósofo, psicólogo e pedagogo americano John Dewey (1859-1952) buscou construir uma Filosofia da Educação e estabeleceu os princípios de uma Educação

⁸ Segundo o Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa (FERREIRA, 1986), tirocínio significa aprendizado.

Progressista ou Progressiva através de uma aprendizagem ativa⁹ fundamentada no *pragmatismo* e no *experimentalismo*, e na ideia de que o homem deve ter em sua relação com a complexidade da realidade em que vive. O pragmatismo é uma escola filosófica, um princípio orientador, a qual prescreve que a realidade das coisas, dos fatos e das pessoas, a concretude da vida, e o sentido das ideias advêm do desdobramento e da dinâmica das ações tanto individuais quanto sociais, sendo estas interdependentes; assim, as ações, a prática, ou o exercício do fazer, devem ser um filtro para o entendimento da realidade que nos cerca.

Quem cunhou o termo pragmatismo foi Charles Sanders Peirce (1839-1914) para quem “é impossível ter na mente uma ideia que se refira a outra coisa que não seja os efeitos sensíveis das coisas [...] de modo que a regra para atingir o último grau de clareza na apreensão das ideias é a seguinte: considerar quais são os [seus] efeitos” apreensíveis pela prática, pela experiência e pelos sentidos (ABBAGNANO, 1982, p.753).

O experimentalismo, por sua vez, seria o princípio que orienta estender o método experimental, baseado na experiência, a todos os âmbitos da vida, ou seja, fazer a leitura da realidade pela experiência vivida, pois para os filósofos empiristas, esse “é o critério [...] da validade do conhecimento” (ABBAGNANO, 1982, p.387). Assim, a teorização de Dewey desta escola nova baseada em uma aprendizagem ativa buscou incorporar tais preceitos filosóficos¹⁰.

Já havia também um movimento de insatisfação e renovação da escola tradicional na Europa como as iniciativas de Adolphe Ferrière¹¹, dentre outros, e também em outras épocas, porém, foi Dewey o primeiro a teorizar o ideal pedagógico e a fundamentar filosoficamente a concepção de uma escola mais ativa afirmando que o, “ensino deveria dar-se pela ação (*‘learning by doing’*) e não pela instrução...[assim]... a educação continuamente reconstruía a experiência concreta, ativa, produtiva [...]” (GADOTTI, 1999, p.143).

⁹ Inicialmente nomeada de Educação Progressiva ou Progressista pelo próprio autor e que mais tarde deu corpo a concepção da Escola Nova ou ainda Escola Ativa.

¹⁰ Ressalta-se que na História da Filosofia, o pragmatismo e o experimentalismo, derivam de outros termos, tais como ação, significado, experiência e empirismo os quais já haviam sido tratados por outros filósofos em outras épocas, mas com perspectivas diferentes como no pensamento de Bacon, Leibniz, Locke, Kant, Schiller, Platão, Aristóteles, dentre outros.

¹¹ Gadotti (1999) aponta Adolphe Ferrière como um dos pioneiros nesta concepção de uma nova escola, pois em 1899 fundou na Suíça o Birô Internacional das Escolas Novas. Para ele, a escola deveria ser integral, prática e autônoma. Ferrière advogava que a escola tradicional havia “substituído a alegria de viver pela inquietude [...]o movimento espontâneo pela imobilidade, as risadas pelo silêncio” (GADOTTI, 1999, p.143). Gadotti também cita outros educadores como Pestalozzi, Decroly, Montessori, Claparede como precursores de iniciativas de reforma da escola tradicional.

Em sua obra “Como pensamos”, publicada originalmente em 1910, Dewey argumenta que o processo e o desenvolvimento do pensamento reflexivo são derivações do modo como fazemos, ou seja, como o homem executa suas atividades construtivas. O autor argumenta, também, que tal concepção poderia ser aplicada ao processo educativo, numa nova escola baseada na atividade prática, em práticas pedagógicas mais dinâmicas. Nesta visão, a construção de conhecimentos, habilidades, e atitudes está diretamente relacionada ao aprendizado prático, à ação, ao aprender fazendo, por isso enfatiza-se a aprendizagem ativa, através do fazer, ao que John Dewey (*apud* SCHON, 2000, p.24) descreveu como “a disciplina primeira ou inicial”.

Buscou-se estabelecer os fundamentos da aprendizagem ativa vinculando-a ao fazer e ao pensar reflexivamente, sendo que este processo teria início com o enfrentamento de um problema real, “um estado de dúvida, hesitação, [...] dificuldade mental, o qual origina o ato de pensar; e um ato de pesquisa, procura, inquirição, para encontrar material que resolva a dúvida, assente e esclareça a perplexidade” (DEWEY, 1979, p.22).

Ou seja, a formação do pensamento reflexivo deriva da experiência do enfrentamento de um problema real e este processo teria cinco fases, sumarizadas por Leonardo Van Acker no Prefácio de “Como Pensamos”,

1) situação difícil ou perplexa; 2) definição da natureza do problema; 3) sugestão de ideias como hipóteses de solução; 4) verificação lógica [...] da consistência ou coerência das ideias ou hipóteses com os dados do problema, de modo a eliminar as incompatíveis e selecionar a única coerente; 5) verificação experimental da única hipótese compatível. Tal é a ordem intelectual que deveriam seguir as aulas escolares, com a participação dos estudantes e do professor, este último não como ditador, nem como simples aprendiz, mas como orientador intelectual da experiência partilhada por todo o grupo (DEWEY, 1979, p.4).

O que o autor propõe é o uso de um método reflexivo de pensar nos moldes da investigação científica empírica – baseado na experiência - a ser utilizado no processo educativo. Conforme salienta Francis Bacon (1561-1626), considerado o fundador do *empirismo* na ciência moderna, a experiência – enquanto acaso ou enquanto experimento deliberado - é o único método “capaz de pôr à prova um conhecimento e capaz de conduzir a sua retificação” (ABBAGNANO, 1982, p.390), preceito este que estabeleceu o empirismo como a “diretriz filosófica que faz apelo à experiência como critério ou norma da verdade” (ABBAGNANO, 1982, p.308), ou seja, assume-se que o conhecimento só pode advir da experiência.

Adicionalmente, percebe-se no desenvolvimento do pensamento reflexivo e na teorização de Dewey, a abordagem dialética hegeliana¹² da tese-antítese-síntese (SOUSA, 2015, p.20) pois, no exercício da reflexão de problemas ocorrem as operações da aceitação da existência ou afirmação do problema, seguido de um confronto ou discussão – recusa ou negação do problema, e, por fim uma elaboração que configuraria uma resposta, alternativa ou síntese do fato ou problema. Ou seja, a resolução e o entendimento de um problema ou situação seriam resultantes de um processo de reflexão da realidade buscando suas contradições ao passo que examina fatores e elementos envolvidos e para Dewey

“[...] refletir é olhar para trás sobre o que foi feito e extrair os significados positivos, que irão constituir o capital para se lidar inteligentemente com posteriores experiências. É o coração da organização intelectual e de uma mente disciplinada” (DEWEY, 2010, p. 92).

Neste sentido, a curiosidade, o enfrentamento dos problemas reais ou mesmo simulados, a experiência humana prática e suas diversas interações têm papel fundamental na configuração e construção da experiência do aprendiz, pois essencialmente todas as pessoas “mantém interação com o seu ambiente, fica envolvida num processo de dar e receber, de agir sobre os objetos circunstantes e receber deles, de volta, alguma ação – impressões, estímulos. Esse processo de interação constitui a estrutura da experiência” (DEWEY, 1979, p.44). Como nos lembra Sousa (2015, p.22), para Dewey, a educação deve ser e “é a contínua reorganização e reconstrução da experiência” num processo de crescimento. Daí, surge um questionamento fundamental, mas o que é uma experiência educativa? Ou como deveria ser?

Dewey defende que as experiências vivenciadas no processo educativo deveriam se articular com a realidade, precisariam ser interessantes ao estudante, além de ter uma conexão com um uso futuro em outras experiências, levando ao amadurecimento e ao crescimento. Assim, em alinhamento com a discussão sobre a educação, buscou construir uma teoria da *experiência*, pois acreditava que a educação devesse ser guiada pela experiência, e que esta deveria ser ou ter um efeito contínuo além de ser interativa, se tornando o ponto de partida para o conhecimento ao passo que configuraria o modo da aprendizagem, seu formato e aplicação.

¹² Georg Wilhelm Friedrich Hegel (1770-1831), filósofo alemão que estabeleceu o princípio da mudança e da contradição como gestores da razão e da dinâmica do real e da história. Ressalta-se que Heráclito, filósofo grego pré-socrático, 535 A.C., também é considerado “pai da dialética” pois teorizou sobre o movimento perpétuo das coisas e da vida, e seus opostos, como princípio fundante do mundo.

A experiência é o produto da dinâmica da interação do sujeito com as condições objetivas externas, e do intercâmbio de percepções entre seres, com as coisas e fatos; ademais, na experiência educativa, é importante ressaltar as dimensões do futuro e do passado na vivência da experiência presente pelo estudante, o que indica a importância do conhecimento prévio na construção de novos conhecimentos. Neste processo ocorre uma previsão onde “a solução final é um movimento definido para o futuro”, ao passo que a reflexão abrange as experiências passadas do indivíduo (DEWEY, 1979, p.121).

Em torno desta filosofia da experiência e de sua aplicação no processo educativo, em uma aprendizagem ativa, a função da educação poderia então “ser definida como emancipação e alargamento da experiência” (DEWEY, 1979, p.199), uma vez que para o autor, educação significa *crescimento*. Ainda segundo Alfred Hall-Quest¹³, a experiência só pode ser considerada educativa quando baseada numa, “continuidade de conhecimento relevante e na medida em que esse conhecimento modifica ou modela a perspectiva, a atitude e as habilidades do estudante...[possuindo]...duas dimensões [...] histórica [e] social. É tanto ordenada quanto dinâmica”.

A experiência da educação deve trazer consigo o sentido de crescimento em todas as direções, a curto e longo prazo, baseada no passado, mas com vistas ao uso futuro, sendo construída no fazer individual do presente, mas com impacto no social e no futuro. Os conceitos de *continuidade* e *interação* na experiência educativa não se separam, mas se interceptam e, constituem para Dewey “os aspectos longitudinal e lateral da experiência” (DEWEY, 2010, p.45), ao passo que o objetivo da educação deve ser o de “habilitar os indivíduos a continuar sua educação – [sendo] que o objetivo ou recompensa da educação é a capacidade para um constante desenvolvimento” (DEWEY *apud* SOUSA, 2015, p.23), e que nos dias de hoje estaria implícita no lema da educação continuada.

Além disso, importa lembrar que toda experiência tem também o caráter individual e subjetivo do estudante envolvido no processo de aprendizagem. Ele deve ser o protagonista no percurso de seu desenvolvimento. Nesta visão, diferentemente do modelo tradicional, o processo educativo é centrado no estudante e em suas potencialidades, pois é ele “o autor de sua própria experiência” de aprendizagem (GADOTTI, 1979, p.144).

Não desconstruindo a educação tradicional, Dewey defende que deveria haver um “desenvolvimento positivo e construtivo de propósitos, métodos e matérias curriculares para

¹³ Em Nota do Editor, na edição de 1938 de “Experiência e educação” de John Dewey.

dar base a uma teoria da experiência e suas potencialidades educacionais” (DEWEY, 2010, p.24). Neste sentido, na aprendizagem ativa, a organização curricular e os métodos de ensino, assim como os recursos e a organização social da escola deveriam ser baseadas na experiência, e, “direcionadas por ideias que, quando articuladas e coerentes, formam uma filosofia da educação” (DEWEY, 2010, p.30).

Essa abordagem ou forma de conduzir o processo educativo requer estratégias ativas, tal como os projetos de atividades práticas que Dewey menciona em sua obra, que poderiam ser: “manuais, como uma construção; de descoberta, como uma excursão; de competição, como um jogo; de comunicação, como a narração de um conto, etc” (KILPATRICK, *apud* GADOTTI, 1979, p.144). William H. Kilpatrick (1871-1965), discípulo de Dewey, também argumenta que uma aprendizagem eficaz deveria contar com o desejo e a finalidade, pois assim, os estudantes se empenhariam em seu mais alto grau, assumindo e desenvolvendo um senso de responsabilidade, tomando os projetos como seus (KILPATRICK, 1952, p.72).

A abordagem da aprendizagem ativa, através da vivência na resolução de problemas e atividades práticas via projetos percorreria também as fases descritas no desenvolvimento do pensamento reflexivo defendidas por Dewey ao passo que contribuiriam enormemente no processo educativo, uma vez que através de projetos se estabelecem objetivo, planejamento, execução e avaliação.

Projetos educacionais contemplados na aprendizagem ativa deveriam apresentar as seguintes condições: serem interessantes e evocar as emoções e desejos bem como terem um significado para os indivíduos envolvidos; terem valor intrínseco; apresentarem problemas despertando a curiosidade levantando indagações e evocando a busca por informações via observação, leitura, consulta a especialistas, etc.; serem passíveis de desenvolvimento, ou seja, que apresentem continuidade e integração, que uma coisa leve a outra cumulativamente (DEWEY, 1979, p. 215). Ou seja, o trabalho com projetos requer pesquisa, envolvimento e participação efetiva do estudante, além de favorecer a cooperação, o trabalho coletivo, e a formação ética.

Sobre o papel do professor - a quem Dewey se refere como *educador* - este deveria proporcionar tanto direção, quanto desafio aos estudantes durante o processo educativo, pois se esta experiência,

[...] desperta curiosidade, fortalece a iniciativa e dá origem a desejos e propósitos suficientemente intensos para levar a pessoa, no futuro, a lugares além de seus

limites... [esta seria uma experiência educacional cujo] ... valor só pode ser julgado com base em para quê e em para onde ela se move (DEWEY, 2010, p.38).

O professor teria, então, um papel crucial na condução do processo educativo, pois cabe a ele proporcionar as situações e condições objetivas onde se processa a experiência da aprendizagem.

Assim, a filosofia da educação proposta por Dewey e sua educação progressista ou nova baseia-se na contraposição à educação tradicional tal que o

[...] cultivo e a expressão da individualidade se opõem à imposição de cima para baixo; a atividade livre se opõe-se à disciplina externa; aprender por experiência em oposição à aprendizagem através de textos e professores; a aquisição de habilidades e técnicas como meio para atingir fins que correspondam às necessidades diretas e vitais do estudante em oposição à sua aquisição através de exercício e treino; aproveitar ao máximo as oportunidades do presente se opõe à preparação para um futuro mais ou menos remoto; o contato com um mundo em constante processo de mudança em oposição a objetivos e materiais estáticos (DEWEY, 2010, p.22).

Importa lembrar que o movimento da escola progressista ou nova alcançou o Brasil por volta dos anos 1920 com a publicação do Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova, sendo Anísio da Teixeira um de seus defensores. Foi um movimento influenciado pela aprendizagem ativa e pelo pensamento de Dewey, no qual defendia-se que a escola precisava oferecer “não somente um mundo de informações como [também] o dever de aparelhar [o estudante] para ter uma atitude crítica de inteligência, para saber julgar e pesar as coisas” (TEIXEIRA, 1978, p.40). Argumentava-se que a escola deveria “educar em vez de instruir, formar homens livres em vez de homens dóceis, preparar para um futuro incerto e desconhecido em vez de transmitir um passado fixo e claro” (TEIXEIRA, 1978, p.41).

Gadotti (1999) aponta que, na segunda metade do século XX, surgiu uma crítica de caráter político à Escola Nova e a seus princípios, argumentando que, ao passo que ela visava à eficiência individual do estudante, à preparação para o trabalho e à competição, serviria também de instrumento de inculcação de uma mentalidade e ideologia, promovendo um projeto de dominação de classe dominante liberal, servindo mais para a reprodução que para a transformação da sociedade. Apesar de ratificar o caráter conservador desta visão pedagógica apontado por Gadotti, nem Paulo Freire (1921-1997), tido como um “herdeiro” de alguns dos preceitos da Escola Nova (GADOTTI, 1999, p.147), desabonou a aprendizagem ativa, argumentando que a escola e a educação também podem servir como práticas para a liberdade e a emancipação, e que a Escola Nova era um avanço em termos de práticas pedagógicas, fundamentalmente no respeito ao educando, frente ao modelo tradicional e conteudista de educação baseada em heteronomia (GADOTTI, 1999, p.148).

Assim, na concepção da Escola Nova, baseada na aprendizagem ativa também se prescrevia: a centralidade do estudante, sua individualidade e liberdade na vivência de uma experiência educativa; a execução de forma compartilhada e reflexiva em trabalho coletivo de atividades práticas via enfrentamento de problemas reais ou simulados e em projetos; o caráter da continuidade ou uso futuro dos saberes apropriados; a motivação e o envolvimento interativo real entre os participantes - estudante e professor - no qual o professor atuaria, neste caso, como facilitador e mediador do percurso de formação, propiciando as condições objetivas a um ambiente de aprendizagem favorável a um aprendizado “independente, colaborativo e transformador” (GRIMONI *et al.*, 2012, p. 65).

O objetivo maior na aprendizagem ativa é levar o estudante, a partir de um problema, a “descobrir um fenômeno e a compreender conceitos [...] e na sequência é conduzido a relacionar suas descobertas com o seu conhecimento prévio do mundo” (GRIMONI *et al.*, 2012, p. 65) ao passo que, neste percurso, ocorreria o desenvolvimento de conhecimentos, habilidades e atitudes, ou seja, competências “conceituais, atitudinais e procedimentais dos estudantes, dando possibilidades de um desenvolvimento cognitivo em níveis mais avançados, como análise, síntese e criação” (ANDERSON *et. al.*, *apud* GRIMONI *et al.*, 2012, p. 65).

Tais capacidades ou habilidades mentais avançadas são referendadas na pesquisa do psicólogo americano Benjamin S. Bloom (1913-1999) sobre os domínios da aprendizagem. O estudo chamado de *Taxonomia de Bloom* feito em 1956 buscava estabelecer, classificar e nomear os objetivos educacionais da aprendizagem nos domínios cognitivo, psicomotor e afetivo. Especificamente no nível cognitivo da aprendizagem - o das habilidades mentais - estariam as habilidades mais simples, contemplando o conhecimento, a compreensão, e a aplicação, e, num nível mais complexo, estariam as capacidades de analisar, sintetizar e avaliar ou criar. O objetivo desse estudo era compreender o processo educativo e sua efetividade em capacitar os indivíduos em operações complexas – mais do que meramente se lembrar de fatos – tais como, analisar, sintetizar, avaliar ou mesmo criar conceitos, princípios, processos e procedimentos (ARMSTRONG, 2016). Ou seja, o estudo buscou compreender a amplitude da educação em promover competências cognitivas, o que está em consonância com o processo de formação do pensamento reflexivo, bem como com os objetivos da aprendizagem ativa.

Enfim, resumizando o pensamento de Dewey e a teorização acerca da aprendizagem ativa, podemos afirmar que essa aprendizagem é, portanto, aquela na qual o

estudante aprendiz – por sua participação ativa - se depara com um enfrentamento de questões, problemas e situações reais ou simuladas com o objetivo de incorporar e construir reflexivamente soluções, tendo o conhecimento como um desdobramento da própria experiência educativa. Segundo Grimoni *et al.* (2012, p.63), a aprendizagem ativa é um método instrucional ou um conjunto de ações que leva os estudantes a “processar, aplicar, interagir e compartilhar suas experiências, como parte do processo educacional”. Trata-se de uma teorização do processo educativo viabilizada por uma estratégia ou metodologia de ensino-aprendizagem prático, baseada predominantemente na experiência.

Ainda segundo Sousa (2015), a visão de Dewey busca estabelecer a relação entre o processo educativo e a experiência real numa perspectiva orgânica na qual “sua organização, seus métodos e seus conteúdos estejam adequados às formas de aquisição humana do conhecimento e às constantes transformações que ocorrem na sociedade” (SOUSA, 2015, p.24).

3.4 Outras correntes teóricas

Entretanto, na área da educação, outras correntes teóricas pedagógicas também trataram de interpretar o processo educativo, com ênfases distintas, mas com a centralidade no estudante e nos processos de desenvolvimento e aprendizagem, tais como o construtivismo, o sócio construtivismo, a aprendizagem significativa, e a aprendizagem por descoberta. A aprendizagem ativa guarda estreita relação com estas concepções, fundamentalmente no que diz respeito ao papel do estudante no processo de aprendizagem, nos processos cognitivos internos, na motivação, na interação com a realidade que o cerca, e na experiência prática do fazer.

A busca por compreender o processo de construção do conhecimento levou a teorizações que concebem a educação do homem como uma construção humana, uma “autoconstrução”, como aponta Minguet (1998, p.15), e tais teorizações dentro da pedagogia

receberam o nome de “construtivismo”¹⁴. Esta corrente teórica também vinculada à psicologia da aprendizagem, evidencia que a construção do sujeito como pessoa ocorre através de sua atitude no processo educativo, isto é, o sujeito-estudante recebe um papel central tanto ao atribuir significado às situações concretas, quanto reorganizando-as significativamente por processos mentais, ativos e pessoais.

Nesta abordagem pedagógica, o processo educativo foi enfatizado através do estudo dos processos internos complexos do indivíduo, tais como, “organização do conhecimento, processamento de informações, estilos de pensamento ou estilos cognitivos, comportamentos relativos à tomada de consciência”, entre outros (MIZUKAMI, 1986). Para Santos (2014, p.108), os construtivistas consideram que o processo de aprendizagem ocorre e é balizado “na aquisição ou reorganização das estruturas cognitivas por meio das quais as pessoas processam e armazenam a informação”, ou seja, como classificam, hierarquizam e relacionam as informações no nível mental.

Dentre os teóricos construtivistas clássicos, Jean Piaget (1896-1980) baseava sua teoria da aprendizagem na ideia de que o conhecimento é produto e assimilação de construções sucessivas resultantes de reequilibrações, que ajustam e/ou reconfiguram estruturas anteriores, gerando novas estruturas mentais representativas da realidade (GARCIA e FABREGAT, 1998, p. 82). Neste processo, novas informações, fatos e ideias seriam assimilados e acomodados no desenvolvimento de uma consciência, bem como na apropriação de conhecimento.

Para Piaget, assim como para Dewey, a ação do indivíduo apresenta um caráter intrinsecamente cognitivo, uma vez que o *savoir faire* – saber fazer – é a tomada de consciência da própria ação. Piaget argumenta que

[...] fazer é compreender em ação uma dada situação em grau suficiente para atingir os fins propostos, e compreender é conseguir dominar, em pensamento, as mesmas situações até poder resolver os problemas por elas levantados, em relação ao porquê e ao como as ligações constatadas e, por outro lado, utilizadas na ação (PIAGET, 1978, p.176).

Ou seja, a passagem do conhecimento prático para o nível mental se efetuará “através de tomadas de consciência [...] consistindo numa conceituação propriamente dita, isto é, numa transformação dos esquemas de ação em noções e em operações” (PIAGET,

¹⁴ Paralelamente ao termo construtivismo, também se encontra na literatura a denominação cognitivismo para se referir ao processo educativo de construção do conhecimento através da estrutura cognitiva ou processos mentais.

1978, p.10), e estas noções e operações causariam reequilibrações mentais com a estrutura cognitiva dos indivíduos.

Assim, no construtivismo acredita-se que questões ou problemas postos que provocam a atividade prática, ou seja, inseridos em abordagens de ensino-aprendizagem problematizadoras, levam “a um desequilíbrio cognitivo e em muitos casos à criação de novos esquemas de inteligência ou reorganização de esquemas existentes” (SOUSA, 2015, p.8). Na teorização do desenvolvimento cognitivo *piagetiano*, uma informação nova é assimilada e acomodada no esquema cognitivo após uma autorregulação ou reequilibração, e uma adaptação na mente onde o homem busca “um equilíbrio entre [os elementos e fatores do] ambiente e as suas próprias estruturas de pensamento” (SOUSA, 2015, p.21); em outras palavras, a aprendizagem ocorre em função de uma reorganização incremental das funções cognitivas.

Nesta abordagem teórica, considerando a aprendizagem cognitiva pela percepção e ação, Houdé (2011, p.45) nos lembra que o conhecimento é construído por “mecanismos de categorização das situações apreendidas e de raciocínio sobre as variáveis que as caracterizam” e que posteriormente e progressivamente haveria, através da experiência, uma depuração destes mecanismos, gerando interpretações e previsões.

Em Piaget, também há ênfase no estudante e nas interações sociais, e suas contribuições teóricas são inequívocas na construção de uma teorização quanto aos processos mentais do sujeito em relação com o mundo, pois é fundamentalmente no campo da prática educativa que o sujeito se torna protagonista no seu processo de aprendizagem e em seu consequente desenvolvimento intelectual.

Santos (2014, p.110) nos lembra que o conhecimento no pensamento de Piaget “é um processo contínuo, construído a partir da interação ativa do sujeito com o meio (físico e social). O desenvolvimento humano passa por estágios sucessivos de organização do campo cognitivo e afetivo, que serão construídos a partir da interação [...] com o mundo das coisas”, ou seja, em cada etapa do desenvolvimento estudada por Piaget, a partir de interações, assimilações e acomodações, ocorreriam reestruturações mentais que levariam à ocorrência de um novo conhecimento. Pois é na interação com o meio, nas condições objetivas do processo ensino-aprendizagem que o “sujeito produz sua capacidade de conhecer, ao mesmo tempo em que produz o próprio conhecimento” (GRIMONI *et al.*, 2012, p. 71).

Piaget também criticou a escola tradicional, pois esta ensinava muito mais *copiar* do que *pensar*, portanto, o pensador francês defendia os métodos ativos apontando, que no ensino de matemática, física ou ainda das demais ciências experimentais, essa escola negligencia a formação experimental dos estudantes; sendo assim, a educação moderna deveria recorrer “cada vez mais à atividade e às tentativas dos alunos, assim como à espontaneidade das pesquisas na manipulação de dispositivos destinados a provar ou a anular as hipóteses que possam formular por si próprios, pela explicação deste ou daquele fenômeno elementar” (PIAGET, 1974, p.21). Para tanto, investigou através da observação e de uma pedagogia experimental as etapas do desenvolvimento e aprendizado¹⁵ como em seu livro “*Fazer e compreender*”.

Considerando os processos formativos e o fazer ativo da experiência da aprendizagem – das experimentações – Piaget argumentou que “compreender é descobrir, ou reconstruir pela redescoberta e [que seria] necessário submeter-se a estes princípios se se quisesse, no futuro, educar indivíduos capazes de produção ou de criação e não apenas de repetição” (PIAGET, 1974, p.21) de experimentos consolidados. Em consonância com a teoria *piagetiana*, Garcia e Fabregat (1998) apontam que o conhecimento se desenvolve na realidade do fazer, configurado na maneira em que o sujeito “organiza suas ações, seu mundo experiencial e suas estruturas de conhecimento são o resultado dessa organização” (GARCIA; FABREGAT, 1998, p.106). Esta ênfase no *fazer*, por outro lado, foi discutida pelo próprio Piaget quando argumenta que uma “escola ativa não é necessariamente uma escola de trabalhos manuais [...] noutros níveis a atividade mais autêntica de pesquisa pode manifestar-se no plano da reflexão, da abstração mais avançada e de manipulações verbais” (PIAGET, 1985, p.74), apontando assim, o desenvolvimento e aprendizagem como resultados da atividade mental, bem como da percepção dos sentidos.

Quanto ao papel do docente nesta concepção, este profissional é considerado mais um facilitador e potencializador das condições de aprendizagem, da prática construtiva, instigando problemas, ações e ajustes necessários, o que levaria a “desequilíbrios e reequilibrações”, a fim de se alcançar um desenvolvimento cognitivo (GARCIA; FABREGAT, 1998, p.106). Piaget argumentou, ainda, que ensinar não deve ser entendido

¹⁵ Apesar de que Piaget estudou o desenvolvimento de crianças em seus experimentos, incluindo as fases sensório-motor e operatório-concreto, o autor também teorizou sobre o desenvolvimento e aprendizado na fase da adolescência, após 12 anos de idade, ocasião onde teria início a fase chamada operatório-formal, quando o jovem consegue formalizar argumentos e instrumentalizá-los, e a partir daí, para a fase adulta.

como simplesmente moldar o comportamento e, sim, propiciar o ambiente e as condições adequadas ao desenvolvimento e a aprendizagem pelo indivíduo. Neste sentido,

É obvio que o educador continua indispensável [...] para criar as situações e construir os dispositivos de partida suscetíveis de apresentar problemas úteis [...] e [...] em seguida, organizar os contra-exemplos que forçam a reflexão [...] o que se deseja é que o mestre deixe apenas de ser um conferencista e estimule a pesquisa e o esforço, em lugar de contentar-se em transmitir os problemas já solucionados (PIAGET, 1974, p.18).

O papel do professor não é descartado de forma alguma e, nas teorias construtivistas, o professor é,

[...] mediador entre o estudante e o conhecimento que ele tem, passando o foco do aprendizado para a interação professor estudante e estudante-estudante, o que ocorre basicamente em todas as metodologias de aprendizagem ativa onde o trabalho em grupo é uma ferramenta-chave para a busca do conhecimento (SANTOS, 2014, p.95).

A despeito do caráter individual e subjetivo do processo de aprendizagem e desenvolvimento preconizados no Construtivismo, não há como desvincular o fenômeno educativo de sua inserção na vida social, das práticas sociais e do processo histórico de construção do conhecimento. Assim, a teoria sócio-construtivista¹⁶ da educação aponta a interação social e a atividade prática como elementos fundamentais, e o psicólogo russo Lev Semenovitch Vygotsky (1896-1934) fez sua contribuição no entendimento de que o nível de desenvolvimento e do próprio aprendizado são “produto da combinação entre dois fatores essenciais: os fatores biológicos e a vida social” (PIAGET, 1985, p. 72).

Vygotsky teoriza sobre o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores - aqueles que ocorrem inicialmente no nível mental, e que somente num segundo momento podem ser percebidos no nível comportamental - e por consequência, o aprendizado. Para o autor, o conceito de desenvolvimento da consciência é mais amplo do que o de aprendizado, qual seja, “o desenvolvimento da consciência é o desenvolvimento de um conjunto de determinadas capacidades independentes” (VYGOTSKY, 2010, p.3), mas não pretendemos nesta pesquisa nos aprofundar na psicologia do desenvolvimento e, sim, agregar a contribuição para o entendimento do processo de formação, bem como de seus elementos, fatores e relações, além, é claro, do aspecto pedagógico prático, ou seja, de como ocorre o processo educativo.

¹⁶ Também se encontra na literatura a denominação *sóciointeracionismo*.

No pensamento *vygotskyano*, fundamentalmente, é na interação linguagem e ação que surge o desenvolvimento da consciência e inteligência, sendo que,

[...] o momento de maior significado no curso do desenvolvimento intelectual, que dá origem às formas puramente humanas de inteligência prática e abstrata, acontece quando a fala e a atividade prática, então duas linhas completamente independentes de desenvolvimento, convergem (VYGOTSKY, 2010, p.12).

Como já mencionado, o processo educativo ocorre num processo sócio-histórico e cultural mediatizados pela ação, na interação, e pela linguagem, tornando a educação um ato dialógico (FREIRE, 1996); assim, a comunicação é fundamental, pois é por meio dela que ocorrem tanto a interação e a compreensão da realidade, quanto a aprendizagem e a construção de conhecimentos (SANTOS, 2014).

Adicionalmente, a aprendizagem estaria fortemente vinculada à função mental do pensar, que apesar da dificuldade operacional em defini-la, Araújo (2009) nos lembra que esta função consiste em uma atividade complexa, “uma função psicológica superior” (ARAUJO, 2009, p.36) que inclui as funções de entender, julgar, raciocinar, recordar, imaginar, dentre outras. Estas funções podem ser também relacionadas àqueles objetivos educacionais já referendados anteriormente na Taxonomia de Bloom, mas para Vygotsky, a expressão *funções mentais superiores* designaria “processos cognitivos como pensamento, memória, percepção e atenção” (VYGOTSKY *apud* ARAUJO, 2009, p.47), e estes ocorreriam *na* e seriam favorecidos *pela* interação social.

A despeito da discussão sobre o que ocorreria primeiro, o desenvolvimento das funções mentais do pensar ou a aprendizagem, Vygotsky argumenta que “aprendizado e desenvolvimento estão inter-relacionados desde o primeiro dia de vida” (VYGOTSKY, 2010, p.95) e que, empiricamente, o aprendizado ocorre de alguma maneira, simultaneamente, com o nível de desenvolvimento do sujeito. Assim, pode-se mesmo considerar que o aprendizado é, em si, também um processo de desenvolvimento.

Nesse sentido, os dois processos são intrínsecos e, pode-se dizer, determinantes entre si, e não há como separá-los, uma vez que, “o aprendizado é mais do que a aquisição de capacidades para pensar; é a aquisição de muitas capacidades especializadas para pensar sobre várias coisas” (VYGOTSKY, 2010, p.92), capacidades estas que levariam ao desenvolvimento cognitivo e este, por sua vez, a novos aprendizados, num círculo iterativo onde um fator fortalece o outro. Para Santos (2014), os processos psicológicos em Vygotsky,

[...] devem ser compreendidos em sua totalidade e em movimento, numa visão dialética do processo integral...[onde]...o comportamento é resultado de processos biológicos vinculados ao fato de que o homem é um ser histórico e social, que age

sobre a natureza, com a intenção de resolver os problemas com os quais se depara no meio em que vive (SANTOS, 2014, p.112).

Outra grande contribuição de Vygotsky na compreensão do processo de aprendizagem é o conceito de *Zona de Desenvolvimento Proximal* (ZDP). Realizando testes com crianças de mesma idade mental, aquela esperada para certa idade, Vygotsky chegou à conclusão de que elas aprendiam em níveis diferentes devido ao fato de a capacidade de aprender variar de pessoa para pessoa; sendo assim, existiria um espaço de aprendizado e desenvolvimento - uma ZDP - que é o campo definido como o percurso, a distância, ou ainda a área de aprendizado que está,

[...] entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente [por si só] de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes (VYGOTSKY, 2010, p.97).

A ZDP descreve o potencial de aprendizado e as funções mentais do desenvolvimento mental prospectivo, que a princípio estavam adormecidas, em estado “embrionário” (VYGOTSKY, 2010, p.98).

Apesar de os processos de aprendizagem e desenvolvimento estarem intrinsecamente relacionados, os dois não caminham concomitantemente. Vygotsky formulou a tese de que “o processo de desenvolvimento progride de forma mais lenta e atrás do processo de aprendizado; desta sequenciação resultam, então, as zonas de desenvolvimento proximal” (VYGOTSKY, 2010, p.103), pois é o aprendizado o fator que leva, puxa ou conduz ao desenvolvimento, porque o aprendizado gera a ZDP's.

O ganho com este conceito é que o professor pode diagnosticar, por meio de acompanhamentos ou aproximações dos processos vividos, o nível de conhecimento atual dos estudantes e buscar construir estratégias de ensino, regulando assim o processo ensino-aprendizagem, tomando o que os estudantes já sabem como ponto de partida para dimensionar questões, discussões e problemas a serem propostos e desenvolvidos, visando à construção de conhecimentos. Ou seja, esse conceito permite ao professor perceber o que o estudante dá conta de pensar e fazer autonomamente, a partir do que ele já sabe, e do que ele é capaz potencialmente.

A ação de ensinar teorizada por Vygotsky tem um caráter de atividade interativa e relacional entre professor e estudantes baseado na “mediação pela qual são providos as condições e os meios para os estudantes se tornarem sujeitos ativos no processo e

apropriação” dos saberes sistematizados bem como na construção de novos saberes (SAVIANI, 1991; LIBANEO, 1991; Veiga, 1993; MOYSES, 1994; PENIN, 1994, *apud* LOPES, 1996, p.110).

No sócio-construtivismo, o processo educativo é dinâmico, transformador e deve caracterizar-se “por situações que estimulem a atividade e a iniciativa dos estudantes e do professor; situações que favoreçam o diálogo [...] com o saber acumulado historicamente; situações que considerem os interesses dos estudantes na apropriação dos conhecimentos” (LOPES, 1996, p.110). Nesta perspectiva, o professor deve

[...] questionar seus estudantes, interpelá-los constantemente, ser elemento integrador [...] deve discutir e apresentar questões essenciais à apropriação desses conhecimentos, levando os estudantes a refletir sobre suas ideias e seus procedimentos de ação. Nessa forma de interação o estudante é levado a tomar consciência e refletir tanto sobre suas próprias ideias, suas descobertas e apropriações, como sobre ideias elaboradas por outros (LOPES, 1996, p.110).

Para tanto, cabe ao professor, em sua prática, uma mudança de postura, a fim de construir e proporcionar a interação necessária, ou seja, a criação de um ambiente adequado, e com isso convocar a participação e interação na experiência educacional, bem como a geração de atividades que deflagrem as ZDP's. O professor, nesta visão, tem o papel de interlocutor de um processo e de uma relação pedagógica tomada como relação dialógica, ou seja, um espaço dinâmico de discussão e descobertas, onde se torna possível a perspectiva de um aprendizado mais efetivo e transformador.

Como o pragmatismo e o experimentalismo orientam a formação do pensamento reflexivo e o processo educativo em Dewey, no sócio-construtivismo a prática pedagógica requer essencialmente percursos de aprendizado que contemplem a interação dos participantes do processo com diálogo e discussão, além de curiosidade e busca por soluções de problemas, de suas causas, de suas contradições inerentes, suas formas de ocorrência e consequências. Isto porque tanto Dewey quanto Vygotsky foram influenciados pela dialética como instrumental, “cujos princípios tem sido tomados como uma rigorosa forma de pensar a superação de dicotomias, apontando novos caminhos para um tratamento do processo de escolarização, e, nesse contexto, a dinâmica ensino-aprendizagem” (LOPES, 1996, p.111). Cabe ao professor proporcionar ou buscar construir, dentro da materialidade das condições de trabalho, um ambiente favorável à aprendizagem e às interações que propiciem a construção compartilhada de conhecimentos num processo dialético, “pelo confronto de posições, num processo que nada tem de linear, mas que é conduzido por conflitos e desafios” (LOPES,

1996, p.112) como nas experiências de enfrentamento e busca de soluções para problemas e situações postos.

Assim, na prática pedagógica, dentro da perspectiva sócio-construtivista, o aprendizado se dá na interação dialógica professor-estudante, estudante-estudante e “com sujeitos mais experientes de sua cultura. Na interação [...] cada sujeito constrói o seu conhecimento do mundo e o conhecimento de si mesmo como sujeito histórico” (LOPES, 1996, p.112). Tal interação figura como um processo educativo dinâmico, e a construção de conhecimentos nasce desta relação. Neste sentido, pensando em uma educação permanente e continuada, pode-se extrapolar a ideia da interação restrita em sala de aula com o professor, para outros ambientes sociais, para outras práticas sociais, onde também há interação com outros profissionais ao longo da vida.

Hernández (1998) nos lembra que a contribuição de Vygotsky para a educação é a de agregar a noção e a compreensão das funções mentais e das relações sociais no processo de aprendizagem e as construções simbólicas que tal processo acarreta, funções estas que têm papel estratégico nesse processo, pois são elas que relacionam a informação nova e as ZDP que se dão via interações sociais, e que se desenrolam durante o processo educativo, transformando-as e estendendo a compreensão e o entendimento de fatos, problemas, conceitos, ou seja, alargando o processo de construção do conhecimento potencial do estudante.

Em Vygotsky podemos perceber, também, a importância e o papel do desejo, da afetividade, das emoções e da motivação no aprendizado, elementos estes que devem ser o ponto de partida para o processo educativo, transformando-o assim numa atividade prazerosa ao estudante, uma aprendizagem significativa e que traga consigo valores socialmente válidos e aceitos pelo sujeito que aprende.

A *aprendizagem significativa* é outra importante teorização sobre o processo de aprendizagem centrada no estudante e nos processos cognitivos e, por isso Moreira *et al.* (1997) chegam mesmo a nomear o conceito principal como um conceito “supra-teórico”, pois argumentam que este está presente de modo imperceptível a várias outras teorizações. Já para Joseph D. Novak, a aprendizagem significativa é subliminar à construção do conhecimento, qualquer que seja a teoria abordada (NOVAK, *apud* MOREIRA *et al.*, 1997).

Articulada inicialmente por David P. Ausubel (1968), a tese principal é de que a aprendizagem significativa é um processo no qual uma nova informação, um novo significado

ou um novo conhecimento, ou seja, “ideias expressas simbolicamente são relacionadas de forma não arbitrária e substantiva (não literal) para o que o aprendiz já conhece, nomeadamente, para algum aspecto relevante e já existente na sua estrutura cognitiva” (AUSUBEL, 1968, p.38). Assim, é neste percurso de aprendizagem que o “significado lógico do material de aprendizagem se transforma em significado psicológico para o sujeito” (MOREIRA *et al.* 1997, p.19).

Por maneira *não-arbitrária* considera-se que o elemento, fato, informação, conceito, proposição, material ou conhecimento se relaciona sem imposição com o conhecimento e a estrutura cognitiva prévios daquele que encontra-se no processo de aprendizado. As questões do *não-arbitrário* e do ser significativo ou não têm um desdobramento na aprendizagem, e Moreira *et al.* (1997) apontam que, para Ausubel, esta relação e condição teriam uma vinculação à disposição volitiva do sujeito aprendiz, que traduziria-se no desejo do estudante para relacionar o novo conhecimento à sua estrutura mental prévia de forma não impositiva e substantiva, ou seja, o fato de não ser impositivo possibilitaria e acarretaria numa predisposição da vontade de aprender do aprendiz. O outro pilar da teoria é o conceito de *substantividade*, e este significaria o atributo da natureza do novo conhecimento, a ideia de sua consistência, sua parte real, essencial, sua matéria.

Considerando este aspecto não-arbitrário dos novos saberes no processo de aprendizagem e de sua introjeção, Rogers (1978) também argumenta que, se há uma aprendizagem significativa, esta é aquela obtida via experiência vivida, à qual o autor também nomeou de *aprendizagem experiencial*, pois envolve no estudante “ao mesmo tempo, o seu pensar e o seu sentir” (ROGERS, 1978, p.20), tendo também um significado prático para o futuro. Esta aprendizagem abarcaria os aspectos tanto sensível quanto cognitivo, e precisaria ser deliberadamente

[...] autoiniciada. Mesmo quando o primeiro impulso ou o estímulo vem de fora, o senso da descoberta, do alcançar, do captar e do compreender vem de dentro. É penetrante. Suscita modificação no comportamento, nas atitudes, talvez mesmo na personalidade do educando. É avaliada pelo educando. Este sabe se está indo ao encontro das suas necessidades, em direção ao que quer saber, se a aprendizagem projeta luz sobre a sombria área de ignorância da qual tem ele experiência. O local da avaliação, pode-se dizer, reside, afinal, no educando. O significado é a sua essência. Quando se verifica a aprendizagem, o elemento de significação desenvolve-se, para o educando, dentro da sua experiência como um todo (ROGERS, 1978, p.21).

Por *autoiniciada*, o autor se refere à autonomia do estudante, que se transformam de “pacientes” em “agentes”, despertando um potencial criativo e de conhecimentos, não por

um processo de instrução, mas de construção de saberes baseados na experiência. Ademais, quando o aprendizado é autodirigido, quando foi experienciado e conduzido pelo estudante, este aprendizado se interioriza, e há um “senso de descoberta” (ROGERS, 1978, p.63).

Entretanto, apesar de defender a liberdade dos estudantes de aprenderem de forma autoiniciada e autodirigida, estabelecendo tópicos ou problemas a serem estudados pelos seus próprios interesses e perguntas, nem mesmo Rogers descartou o papel do professor, que deveria estimular os estudantes, para este autor já não mais conviria “chamar-lhes professores. São catalizadores, facilitadores que proporcionam, aos alunos, liberdade, vida, oportunidade de aprender” (ROGERS, 1978, p.129), num processo de aprendizagem com maior empenho pessoal, incluindo curiosidade, proatividade, com maior senso de utilidade, inseridos num ambiente de interação, e, tornando-os aprendizes responsáveis pela própria aprendizagem. Nesta teorização acerca da aprendizagem, com uma maior autonomia e experimentação permitida aos estudantes, os conceitos adquirem “maior profundidade, compreensão e durabilidade [...] e baseiam-se mais solidamente num método empírico” (ROGERS, 1978, p.140) pela descoberta e apropriação por si, influenciando significativamente no comportamento.

Esta abordagem seria sobremaneira facilitada pela participação ativa, pela automotivação, ou seja, “quando o aluno escolhe suas próprias direções, ajuda a descobrir recursos de aprendizado próprio, formula problemas que lhe dizem respeito, decide quanto ao curso de ação a seguir, vive as consequências de cada uma dessas escolhas” (ROGERS, 1978, p.163), atribuindo-lhes sentido e tornando a aprendizagem significativa.

Esta aprendizagem apontada por Rogers, de caráter mais perene por ser resultado de autonomia, liberdade de escolha e descobertas pelo indivíduo, encontra consonância com o pensamento de Ausubel em sua abordagem da aprendizagem significativa, pois a liberdade de escolha pressupõe uma predisposição frente ao processo de aprendizagem e ao que se aprende, ou seja, o estudante não perceberia novos saberes como algo arbitrário.

Na teorização de Ausubel, o conhecimento prévio também é fundamental, pois “serve de matriz ideacional e organizacional para incorporação, compreensão e fixação de novos conhecimentos quando estes ‘se ancoram’ em conhecimentos especificamente relevantes [...] preexistentes na estrutura cognitiva” (MOREIRA *et al.* 1997, p.19). A estes conceitos *âncoras* para as novas aprendizagens, organizados na estrutura cognitiva em uma

matriz ideacional, Ausubel (1968) os nomeou de conceitos subsunçores¹⁷. O relacionamento ou a interação não-arbitrária entre o conhecimento novo, substantivo, e o prévio - este já significativo para o sujeito - ocorreriam por esta “ancoragem” do primeiro no segundo e significaria a retenção dos significados na estrutura cognitiva do sujeito. Assim, nesta abordagem, Santos nos lembra que,

[...] o fator mais importante de aprendizagem é o que o estudante já sabe, pois, para que o indivíduo aprenda, conceitos relevantes e inclusivos devem estar claros e disponíveis em sua estrutura cognitiva. A aprendizagem ocorre quando uma nova informação ancora-se em conceitos ou proposições relevantes preexistentes (RAPOSO, VAZ, s/d, *apud* SANTOS, 2014, p. 109).

Por estrutura cognitiva, Novak (1981) aponta que esta seria a forma organizada de informações no cérebro

[...] com articulações formadas entre vários elementos mais antigos e mais recentes conduzindo a uma hierarquia conceitual, na qual elementos menos importantes de conhecimentos são ligados (incorporados sob) a conceitos maiores, mais gerais e mais inclusivos. Assim, a estrutura cognitiva representa um arcabouço de conceitos hierarquicamente organizados, que são as representações da experiência sensorial da pessoa (NOVAK, 1981, p.9).

Por outro lado, quando o novo conhecimento é apresentado de forma impositiva à estrutura cognitiva do indivíduo e de forma literal, sem possibilitar a compreensão de sua natureza e seus elementos constituintes, e sem ancoragem nos conhecimentos e na estrutura cognitiva prévia do estudante, este aprendizado seria considerado automático e mecânico, algo como um ‘adestramento’ a regras, hábitos, conceitos, códigos, etc.

Desta forma, o conhecimento prévio é uma variável determinante na aprendizagem significativa, ao passo que também se “modifica pela aquisição de novos significados” (MOREIRA *et al.* 1997, p.21), tornando-se um fator determinante e determinado. Poderíamos perfeitamente traçar uma relação ou analogia com o conceito de ZDP de Vygotsky com seus conceitos de nível de desenvolvimento real e potencial. Ou seja, o conhecimento potencial só ocorre se se ancorar no nível de desenvolvimento real do estudante.

Novak, que foi discípulo de Ausubel, contribuiu para a teoria da aprendizagem significativa conferindo-lhe uma perspectiva humanista, pois “o ser humano não é só

¹⁷ Segundo o Dicionário Michaelis, na Pedagogia e na Psicologia, subsunçor é um conceito relevante que o indivíduo já incorporou a sua estrutura cognitiva, ao qual se acrescenta uma nova informação. A existência prévia desse conceito é que vai possibilitar a ocorrência da aprendizagem significativa. Fonte: <http://michaelis.uol.com.br/busca?id=7mYY5>

cognição. A pessoa conhece, sente e age!” (MOREIRA *et al.* 1997, p.32). Ademais, sua contribuição para a psicologia da aprendizagem e para a teoria da educação em sentido amplo, é a tese de que “a aprendizagem significativa subjaz à integração construtiva entre pensamento, sentimento e ação que conduz ao engrandecimento (*‘empowerment’*) humano” (MOREIRA *et al.* 1997, p.32). Para os autores, “qualquer evento educativo é [...] uma ação para trocar significados (pensar) e sentimentos entre aprendiz e professor” (MOREIRA *et al.* 1997, p.33).

Como vimos em Dewey, Piaget e Vygotsky, o processo ensino-aprendizagem é uma relação com o meio, uma interação com elementos e fatores condicionantes e condicionados, e Novak acrescenta que há uma troca de sentimentos, pois um processo educativo é uma experiência afetiva (NOVAK, 1981). As percepções de,

[...] prazer e dor, caracterizados como estímulos afetivos, são reconhecidos como emoções ou aprendizagem afetiva. Aprendizagem afetiva é associada com aprendizagem de habilidades e com aprendizagem cognitiva. Assim podemos aprender a adorar golfe ou odiar matemática porque adquirimos um armazenamento positivo (atitude positiva) relativo ao golfe e negativo em relação a matemática (NOVAK, 1981, p.11).

Por outro lado, argumenta-se que uma aprendizagem relevante, ou seja, uma “aprendizagem cognitiva bem-sucedida produz resposta afetiva positiva” (NOVAK, 1981, p.42). A hipótese de Novak é a de que experiências educativas são positivas e construtivas “quando o aprendiz tem ganhos em compreensão” (MOREIRA *et al.*, 1997, p.33). Nesta abordagem, podemos claramente perceber uma relação recíproca de determinação entre a aprendizagem significativa e a predisposição para aprender, o que geraria uma experiência afetiva no processo educativo.

A predisposição para aprender é um fator subjetivo importante, e no entendimento dos processos de aprendizagem, outra contribuição é a do psicólogo americano Jerome S. Bruner que nos anos 1960 nos Estados Unidos, trouxe os conceitos de *aprendizagem por descoberta*, *intersubjetividade nas interações educativas*, e a *influência da cultura* como fator determinante no processo educativo e no próprio entendimento do que é educação. Nesta teorização, a educação deve despertar a motivação em se aprender pela descoberta e, deve proporcionar e capacitar os jovens no uso de um “instrumental de significados [...] para melhor [se] adaptar ao mundo no qual eles se encontram e ajudar no processo de mudança requerido ajudando as pessoas a se tornarem melhores arquitetos e construtores” da realidade (BRUNER, 1996, p.20).

Sua teorização também criticou o método tradicional de educação, pois este ignora uma característica humana “*par excellence*”¹⁸, a intersubjetividade e a comunicação, ou seja, “a habilidade humana para entender as mentes dos outros, seja através de linguagem, gestos ou outros meios” (BRUNER, 1996, p.20) que ocorrem na interação do processo educativo.

O autor pontuou que a aprendizagem e, por consequência, o desenvolvimento intelectual ocorrem pela interação, mas também pela transferência de uma experiência anterior para o nível mental e esta passagem se daria pela ação e por sua representação mental em resposta às experiências, onde nota-se a aderência desta concepção com o arcabouço teórico da formação do pensamento reflexivo e da aprendizagem ativa de Dewey.

Considerando o papel do docente, para Tardiff e Lessard (2005, p.231), “o ensino é um trabalho interativo” do docente e, obviamente, este trabalho é interativo com os estudantes no processo educativo. Assim, Bruner propõe que o ambiente escolar, a sala de aula, o laboratório, ou mesmo a oficina de trabalhos manuais, “[sejam reconcebidos] como uma subcomunidade de aprendizes mútuos, com o professor orquestrando os procedimentos” (BRUNER, 1996, p.21) e conduzindo um processo de ensino-aprendizagem interativo baseado em comunicação intersubjetiva, onde os participantes aprendem uns com os outros num exercício de “exploração e descobertas efetivas para o alcance de uma verdadeira compreensão” (SANTOS, 2014, p.110).

Em referência a Piaget, Bruner considera que o aprendizado é possível em qualquer estágio de desenvolvimento, desde que a estrutura e a maneira de representar o conhecimento sejam *adequadas*. Por adequadas, o autor defende que o ambiente de aprendizagem ofereça tanto direção, fornecida pelo professor, quanto alternativas para que o estudante elabore suas próprias representações da realidade a partir de explorações. Para dominar um assunto, ou conhecimento, o aprendizado ocorreria ou poderia ser representado em fases: uma representação simbólica e outra ativa. As representações simbólicas seriam um conjunto de imagens que posteriormente se configurariam como um conjunto de proposições lógico-simbólicas (BRUNER, 1969).

Concentremo-nos na representação ativa, pois para este autor, esta caracteriza-se e é proveniente da atividade em si, pelo fazer baseado em um conjunto deliberado de ações para se alcançar um objetivo, no caso, um percurso investigativo de descobertas, isto é, a

¹⁸ Tradução do francês - por excelência.

representação ativa é uma representação mental proveniente de uma ação deliberada, de uma exploração, de uma descoberta. Nesta concepção, o mais importante, ressalta Santos *et al.* (2014, p.110), é a “capacidade de descobrir o conhecimento de forma autônoma [...] por meio de atividades exploratórias realizadas pelos estudantes” (SANTOS, 2014, p.110), ou seja, quando o conhecimento “é descoberto através dos esforços cognitivos próprios do aprendiz, pois ele é assim relacionado e usado em referência ao que se sabia antes” (BRUNER, 1996, p. xii).

Hernández e Ventura (1998, p.26) nos lembram que, através de estratégias de indução desenvolvidas com os estudantes, surgem descobertas a partir das atividades, dos problemas e das necessidades postas, ou seja, de suas experiências imediatas, pois estas fomentam tanto a busca - pelos próprios estudantes – por respostas, quanto informações adicionais para complementá-las. Importante ressaltar que, como nos lembram Neto *et al.* (2014, p. 28), para Bruner, as descobertas não significam necessariamente “o encontro de coisas novas, mas, preferencialmente, [de] todas as formas de busca de conhecimento autodirigido”, ou seja, pelo próprio estudante.

Como em outras teorizações, o fator subjetivo é preponderante, e a curiosidade seria condição para o exercício de exploração de alternativas que levem à construção de conhecimento pelo estudante e, neste sentido, a vontade de ir um pouco “além”, e de aprender algo novo “é um motivo intrínseco, ou seja, que encontra na prática tanto a fonte como a recompensa” (BRUNER, 1969, p.147).

Nesta direção, Freire (1996, p.86) também aponta que a curiosidade é “a pedra fundamental” no processo de construção do saber, pois seu exercício convoca “a imaginação, a intuição, as emoções, a capacidade de conjecturar, de comparar, na busca da perfilação do objeto” (FREIRE, 1996, p.88), levando o estudante a questionar, analisar hipóteses, atuar, e conhecer, até chegar a uma explicação e à sua própria descoberta.

Ademais, tal percurso de aprendizado via exploração de alternativas deveria contemplar três fatores ou condições a serem fornecidas pelo professor, quais sejam, a ativação, sua manutenção, além de uma direção. Ou seja, na exploração há que se ter “algo que a faça ter início, algo que a mantenha em ação, e alguma coisa para evitar que se perca, ao azar” (BRUNER, 1969, p.59). Para acionar o processo da aprendizagem via exercício de exploração de problemas, situações e fenômenos, caberia ao professor estabelecer tarefas com “um nível ótimo de incerteza” e que despertassem a curiosidade dos estudantes, motivando-

os. Quanto à manutenção, esta seria condicionada pelo propósito de realização da tarefa, e finalmente a direção seria fornecida pelo professor.

Esta concepção de aprendizagem pela descoberta acarreta estudos e pesquisas pelos estudantes em incursões pelo universo das ciências, implicando no uso tanto de um questionamento sistemático, quanto de um pensamento reflexivo. Esta aprendizagem por descoberta de “saberes” guarda estreita relação com a abordagem defendida por Pedro Demo (2007) no que tange ao conceito de descoberta em correspondência ao de reconstruir, reelaborar, formular e interpretar pelo próprio estudante no ato de pesquisar. O autor defende o lema de *educar pela pesquisa* e que a pesquisa deve se tornar assim um princípio educativo, pois acarreta a capacidade de “(re)construir” na educação conhecimentos, bem como, a capacidade de intervenção pelos indivíduos, o que em última instância tornaria o simples “ensino” em “educação”. Para o autor,

[...] no processo de pesquisa está o genuíno contato pedagógico, transformado em ambiente de trabalho conjunto, implicando na mesma matriz a qualificação do e pelo conhecimento e sua humanização constante e radical. Aí se vence o mero treinamento e se incrementa a emergência do sujeito capaz de crítica e projeto próprio [...] o impacto educativo não vem depois do currículo, ou fora da sala de aula. Ao contrário, deve ser a razão central de ser da didática, reconstruindo a ambiência educativa no próprio processo de reconstruir conhecimento (DEMO, 2007, p.67).

Educar pela pesquisa, supõe que “à rigor, ensinar é algo decorrente da pesquisa” (DEMO, 2007, p.78) e, portanto, requer-se que o professor tenha tanto o papel de orientador do processo de aprendizagem, quanto o de um pesquisador em sua prática pedagógica cotidiana.

Tal concepção se opõe obviamente ao método tradicional de transmissão de saberes, onde “rotinas esclerosadas provocam pouca ou nenhuma exploração; rotinas por demais incertas despertarão confusão e angústia, reduzindo a tendência a explorar” (BRUNER, 1969, p.60) e por isso precisariam de uma direção dada pelo professor.

Assim como para outros teóricos, o *ambiente* é determinante no processo educativo, cabendo ao professor proporcionar e organizar condições de aprendizagem estimulantes à curiosidade e à exploração dos temas, do conteúdo das disciplinas ou problemas, através dos quais ocorre o processo de representação no qual o estudante opera mentalmente a partir do fazer, levando ao desenvolvimento intelectual e à “crescente capacidade para lidar com alternativas, simultaneamente, atender a várias sequências, ao mesmo tempo, e distribuir tempo e atenção, de maneira apropriada, a todas essas demandas

múltiplas” (BRUNER, 1969, p.20). Neste sentido, o ambiente educacional em geral, ou especificamente, a sala de aula, o laboratório, a oficina, os problemas, a interação, as situações e as diversas atividades preparadas pelo professor se tornariam ou deveriam ser um campo fértil para descobertas ao longo do percurso de aprendizado, pois como nos lembra Noam Chomsky, “o importante não é apresentar uma matéria ou plano de ensino mas o que se descobre na aula” (CHOMSKY, 2016).

Assim, Bruner constrói seu argumento de que um percurso exploratório ativado pela curiosidade leva à descobertas, à compreensão, e à construção de conhecimentos a partir dos fundamentos explicativos de problemas e fenômenos, os quais, em última instância, levariam o estudante a dominar um campo de conhecimento, domínio este nomeado por Bruner como a *potência efetiva* em relacionar conteúdos distintos (BRUNER, 1969).

Nesta teorização, considera-se não somente a natureza do conhecimento, mas também a do sujeito estudante e a do processo de construção do conhecimento, ou seja, sujeito, objeto e método. Para Bruner, “saber é um processo, não um produto” e instruir alguém, “não é levá-lo a armazenar resultados na mente, e sim, ensiná-lo a participar do processo que torna possível a obtenção do conhecimento” (BRUNER, 1969, p. 89).

Todas as correntes teóricas referenciadas até aqui, quais sejam, a aprendizagem ativa, o construtivismo, o sócio-construtivismo e as aprendizagens significativa e por descoberta mencionam o papel crucial da interação dos sujeitos envolvidos no processo educativo, ou seja, o educador e o estudante, suas subjetividades, bem como o ambiente de aprendizagem e as condições externas favoráveis a experiência do processo pedagógico baseados no fazer e no resolver problemas da realidade e do cotidiano do estudante. Ademais, nestas abordagens, confere-se grande ênfase e foco ao sujeito estudante, a seu aspecto psicológico, sentimentos, motivações, predisposições, destacando os métodos ou processos pedagógicos onde a aprendizagem deve ser ativa e espontânea. Importa ressaltar e reconhecer, não desconsiderando sua validade, que uma formação pelo processo ensino-aprendizagem tradicional também favorece o desenvolvimento do intelecto, de questões lógicas e dos conteúdos cognitivos.

Mas que abordagem pedagógica e metodológica são levadas a cabo nesta relação com o saber, em outras palavras, neste processo formativo de construção de saberes? Assume-se que o desenvolvimento do conjunto de saberes, habilidades e atitudes constituam o objeto a ser trabalhado nesta relação e, por consequência, é fundamental compreender a forma como ele é trabalhado. Como nos lembra Sousa (2015, p.22) há,

[...] a necessidade de articular [o ensino] com uma metodologia ativa que proporcione ao estudante a oportunidade de desenvolver-se como protagonista no processo de construção do conhecimento. Para tanto, é essencial investir em uma modalidade baseada em um paradigma construtivista que possibilite o desenvolvimento da autonomia e da colaboração entre os pares nos processos de aprendizagem.

A despeito da dificuldade de se adotar tais teorias educacionais em sala de aula – ou em que ambiente for – e de implementar processos educativos que sejam ativos, significativos, interativos, na educação em engenharia, a PBL apresenta-se como uma estratégia metodológica compatível com tais teorizações. Segundo Casale (2013, p.33), a PBL é uma abordagem ligada à

[...] teorias educacionais como a cognitiva e a construtivista [e] estão relacionadas à abordagens indutivas de ensino. Métodos indutivos promovem a adoção da aprendizagem profunda, desenvolvimento intelectual, pensamento crítico, habilidades de aprendizagem autônoma, permitindo uma maior compatibilidade com as características desejáveis na formação do perfil profissional do engenheiro.

Portanto, tal desdobramento teórico-prático será visto no próximo capítulo.

4 A EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, A PBL, E A RELAÇÃO COM O SABER

Tendo em vista as teorizações referendadas no capítulo anterior acerca do processo educativo e, em especial, da aprendizagem ativa, com centralidade no estudante, neste capítulo apresentamos seus desdobramentos em termos práticos na experiência educativa. Porém, inicialmente faremos um breve panorama da engenharia, da educação em engenharia e de como ela se apresenta hoje. Em seguida, veremos as possibilidades de se alcançar uma aprendizagem mais efetiva do ponto de vista da formação do engenheiro; para tanto, discorreremos sobre a PBL, as competências transversais e a necessidade de uma nova relação com o saber no processo educativo.

Inicialmente, pode-se considerar que os engenheiros são, desde sempre, os inventores de artefatos, máquinas, construções em geral, processos de trabalho e tecnologias. Assim, o ofício e a mentalidade do engenheiro estão relacionados à concepção e à projeção de “produtos” ou mesmo na resolução de demandas e problemas diversos. Como Silva *et al.* (2012, p.59) nos lembram, a engenharia é “um campo do saber permeado pela cultura técnica” e projetar algo é um processo complexo que começa na concepção, na ideia ou na reelaboração de ideias, hipóteses, estudos, aplicações, análises e posteriormente tem-se a execução e implementação do que se pretende construir ou fazer, processo no qual se entrecruzam várias técnicas de trabalho.

Este processo, que está por trás de qualquer atividade construtiva, pode ser chamado de “projeto” ou, em termos mais amplos, de *design* de produtos sendo frequentemente “sistemáticos, criativos, dinâmicos, produtivos e diretivos” em relação a quem executa ou a algum objetivo e meta específicos (KELLY *et al.*, 2008, p.13). Projetar algo e solucionar problemas relacionados à realidade faz parte da profissão, da mentalidade, e da *arte* do engenheiro e tal ocupação acarreta a necessidade de uma série de conhecimentos, habilidades e atitudes adequados aos campos e às situações de aplicação, saberes estes que o engenheiro deve ter em sua formação.

Daí depreende-se que, em sua essência e em sua práxis, a engenharia carrega tanto um caráter construtivo, de fazer e executar, quanto um caráter intrinsecamente interdisciplinar, uma vez que na engenharia lida-se com áreas de aplicação, disciplinas e

saberes múltiplos, o que torna a interdisciplinaridade uma característica preponderante nas engenharias enquanto aplicação de saberes.

Telles (*apud* OLIVEIRA, 2005, p.4) aponta que a engenharia, “quando considerada como arte de construir [...] é tão antiga quanto o homem, mas [...] como um conjunto organizado de conhecimentos com base científica aplicado à construção em geral, é relativamente recente, podendo-se dizer que data do século XVIII”. Por sua vez, Oliveira (2005, p.4) nos lembra que na História da Educação em Engenharia, a primeira instituição escolar a graduar formalmente engenheiros foi a *École Nationale des Ponts et Chaussées* - Escola Nacional de Pontes e Estradas - em 1747 em Paris/França, e posteriormente surgiu o modelo curricular da *École Polytechnique* – Escola Politécnica - em 1795 também em Paris. No Brasil, conforme pesquisadores (TELLES, 1994, p. 87) inaugura-se o ensino de engenharia com a *Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho*, no Rio de Janeiro em 1792; na sequência, a Escola de Minas de Ouro Preto, em 1876, a Escola Politécnica de São Paulo em 1893, sendo que em 2015, o Brasil contava com 3801 cursos de engenharia, em 64 modalidades e 200 ênfases e habilitações (OLIVEIRA *et al.*, 2015, p.3), numa variedade que vai das engenharias tradicionais - civil e mecânica - até aos cursos de engenharia de alimentos, engenharia de pesca e engenharia aeroespacial, dentre outras.

A engenharia e seus campos de aplicação se diversificaram muito ao longo do tempo, assim como os vários setores produtivos da economia, em constante mudança, e que se apresentam cada vez mais exigentes com paradigmas de qualidade, eficiência e produtividade. Por consequência, o mundo do trabalho incorpora estas demandas, e procura engenheiros que apresentem não somente conhecimento científico de suas áreas, mas também habilidades gerais, bem como proatividade diante de situações imprevistas.

E as atividades de engenharia estão sujeitas a imprevistos de toda ordem, por mais que seja planejada e calculada pelo engenheiro mais capaz. Para Zarifian (1995), teórico da sociologia do trabalho, o imprevisto é uma *descontinuidade*, uma ruptura nos processos de trabalho, é singular, é um dilema, advém de situações reais, e não avisa quando vai ocorrer, o que leva o trabalhador - no nosso caso, o engenheiro ou ainda o aprendiz futuro engenheiro - a ter que se “rearticular diferentemente” diante de tal fenômeno (ZARIFIAN, 1995, p.24) a fim de dar uma resposta eficaz e eficiente a tais situações.

O processo de formação e de construção de saberes, habilidades e atitudes - necessários no momento de enfrentamento de imprevistos - guarda uma estreita relação com a noção de competência, termo este utilizado na atualidade tanto pelas organizações, que

demandam engenheiros profissionais altamente qualificados, quanto pelas instituições de ensino, que se propõem a desenvolver tal atributo profissional. Como nos lembra Zarifian (1995), competência é um processo interno de gestão do conhecimento com vistas a dar uma resposta pertinente a um acontecimento – o imprevisto – ou a uma perturbação nos processos de trabalho, ou seja, “é um entendimento prático de situações que se apoia em conhecimentos adquiridos e os transforma na medida em que aumenta a diversidade das situações” (ZARIFIAN, 2012, p. 72). Assim, a competência se constrói no decurso da experiência vivida, e na habilidade e atitude pessoal de mobilizar e integrar conhecimentos para resolver eficazmente situações e problemas imprevistos.

Diante da constatação inequívoca de que tal atributo vem mostrando-se cada dia mais presente no mundo do trabalho, firmando-se como um primado da competência, o setor educativo e a educação em engenharia especificamente – predominantemente tradicional, conteudista e tecnicista – vêm sendo compelidos a buscar alternativas pedagógicas que atendam e contemplem as demandas profissionais do mercado de trabalho.

As escolas - instituições formadoras por excelência - devem adotar um paradigma pedagógico “ativo e construtivo que enfatize o aprender acima do ensinar, que valorize o ‘aprender a aprender’, lema básico da educação permanente, que se impõe, hoje, como indispensável, num mundo caracterizado por mudanças cada vez mais velozes e imprevisíveis” (BENNO, 2005, p.39). Assim, considerando tal cenário e tais demandas e a despeito da história da educação em engenharia, questiona-se, como se forma um engenheiro, e mais aprofundadamente em Neto *et al.* (2014, p. 17) o que torna uma pessoa um engenheiro?

4.1 A educação em engenharia e a formação do engenheiro

Do mesmo modo em que a especialização e divisão do trabalho foi um requisito oriundo do modo de produção capitalista em sua evolução, tal fato se verifica na fragmentação dos saberes em disciplinas, e na engenharia os campos de aplicação também se diversificaram muito em *especialidades*.

Por sua vez, o ensino da engenharia também acompanhou historicamente este processo de especialização das disciplinas, sendo estas conduzidas de forma fragmentada e compartimentalizada em ênfases e disciplinas isoladas que em sua maioria não apresentam interface entre elas nem com as práticas sociais nem a realidade dos estudantes, o que põe em risco, a efetividade do aprendizado do engenheiro. Quanto a este aspecto, há o argumento de que,

[...] a lógica que compartimenta os saberes em disciplinas não contribui pra a compreensão da realidade. Dessa forma, o desenvolvimento do currículo em sala de aula não deve limitar-se a lógica da organização disciplinar dos conteúdos. Portanto, estratégias de ensino que proponham abordagens interdisciplinares são recomendadas (MORIN, apud SANTOS, 2014, p.117).

O fato é que a engenharia e os cursos de engenharia envolvem, em suas várias especialidades, vários saberes e espera-se que o engenheiro domine e saiba integrar saberes disciplinares, como a física, a matemática, a química dos materiais, além de ser apto a aplicá-los em seus múltiplos campos de aplicação como a geologia, metalurgia, telecomunicações, automação e computação, gestão de processos produtivos industriais em geral, mecânica, engenharia elétrica, dentre outros.

Neste cenário, a noção e a importância da interdisciplinaridade - ou melhor, da multidisciplinaridade - se fazem presentes e advêm da necessidade, apesar da fragmentação de saberes existente em um projeto de engenharia, de se “considerar sempre a unidade do conhecimento” (SANTOS, 2014, p.118). Tal noção é necessária para o entendimento de que as partes de um projeto estão no todo e o todo está inscrito *pelos* e *nas* partes, algo como os princípios *sistêmico* e *hologrâmico* citado nos estudos de Morin (2010) sobre a complexidade, e o auxílio que tal habilidade – a capacidade de integrar saberes - nos fornece no enfrentamento de problemas e nos próprios processos que requerem um pensamento integrador (MORIN, 2010, p. 94). O autor chega mesmo a usar a expressão “inter-poli-transdisciplinaridade” (MORIN, 2010, p.109). Quanto a questão da interseção entre disciplinas, Pacheco (2015) oferece uma distinção entre tais termos, apontando que: originalmente há a ideia de unidisciplinaridade, caso no qual uma única área de conhecimento oferece seu método e conteúdo para resolver um problema; já a interdisciplinaridade é a abordagem onde há a convergência de métodos e conteúdos entre disciplinas; a multidisciplinaridade por sua vez ocorre quando um problema pode ser resolvido sob diferentes perspectivas, tal como a econômica, a ambiental, a política, a psicológica, etc, o que não deixaria de ser uma interdisciplinaridade estendida; ao passo que transdisciplinaridade seria um arranjo colaborativo ou uma forma de tratar um problema onde

há um meta nível de observações, considerações e perspectivas de entendimento, ou seja, onde há um cruzamento de perspectivas disciplinares.

Assim, a multidisciplinaridade no ensino e no aprendizado de um dado objeto, tema, problema, projeto, ou produto “exige um movimento que parta do universo da disciplina e se comprometa em dialogar com as demais áreas do conhecimento [...] [e destas] [...] com a realidade social” (SANTOS, 2014, p.119), obviamente considerando os sujeitos participantes e seus contextos, seja em processos educativos ou em práticas sociais diversas.

Adicionalmente à ideia de trabalho interativo entre os envolvidos no processo educativo, assim como a necessidade de os indivíduos perceberem as partes do todo, seja em que trabalho for, a multidisciplinaridade configuraria o modo da abordagem e da compreensão dos fenômenos e conteúdos à medida que estes se relacionam entre si em um determinado percurso formativo. Há potencialidades de aprendizagem em situações de multidisciplinaridade, o que Cunha e Laudares (2009, p. 52) caracterizam como a “partilha de um objeto comum resguardando às especialidades suas especificidades, mas já numa tentativa de unificação para se gerar um conhecimento novo”.

A despeito do caráter integrador e multidisciplinar que as atividades em engenharia carregam originalmente em seu bojo, como já mencionado, a educação em engenharia no Brasil, de forma geral, é predominantemente baseada no modelo ensino-aprendizagem tradicional, com suas práticas pedagógicas centradas no professor e na transmissão de conteúdos para estudantes passivos, na resolução de exercícios, no trabalho de conclusão de curso, além de pouca integração entre componentes curriculares e contexto atual de práticas sociais. Para Graff e Christensen (2004), “o ato de educar, em engenharia, costumava ter ligações muito estreitas com a sua prática, mas de forma gradual a educação em engenharia passou a ser mais e mais baseada em teoria” (GRAAFF e CHRISTENSEN, 2004, *apud* GRIMONI *et al.*, 2012, p.64) com pouca vinculação ao fazer prático.

Apesar da legislação atual, LDB/1996 e DCN/2002 já mencionadas, que prevê alguma flexibilização no formato dos cursos de engenharia, como as Atividades Complementares, previstas e incentivadas na legislação, o ensino da engenharia ainda é estruturado e ofertado seguindo uma organização curricular que consiste num conjunto de disciplinas básicas, um conjunto de disciplinas profissionalizantes de engenharia e uma parte ligada especificamente à especialidade, porém com “disciplinas fragmentadas e descontextualizadas em sua maioria”(OLIVEIRA, 2005, p.10).

Neste sentido, a organização curricular vai contra o caráter integrador e multidisciplinar da engenharia em si, bem como pelo conceito de currículo que as DCN trouxeram, qual seja, de que o currículo é um “conjunto de experiências de aprendizagem que o estudante incorpora durante o processo formativo ... [e não somente aquele] ... entendido como grade curricular que formaliza a estrutura de um curso de graduação” (TONINI, 2009, p. 62) como era anteriormente entendido.

A legislação também permitiu uma proliferação dos cursos em várias especialidades e modalidades, porém, as alterações verificadas nos últimos anos têm sido relativas somente a “adição ou supressão de conteúdos ou pelo desdobramento dos cursos em habilitações e ênfases” (OLIVEIRA, 2005, p.10).

Entretanto, em relação a uma aprendizagem mais efetiva e a um ensino de boa qualidade, o maior agravante, segundo Oliveira (2005), são as práticas pedagógicas inadequadas à formação do engenheiro, uma vez que houve pouca mudança nas metodologias empregadas no ensino da engenharia. Quanto aos docentes que atuam no ensino da engenharia, estes são na sua maioria engenheiros egressos de cursos de mestrado e doutorado e muitas das vezes carecem de conhecimentos didáticos e práticas pedagógicas efetivas, ao passo que encontram-se diretamente envolvidos no processo de ensino-aprendizagem, donde infere-se que tal fato pode agravar a efetividade do ensino e da aprendizagem integral pelo futuro engenheiro.

Outro agravante, apontado por Felder e Silverman (1988), é a pouca sensibilidade dos professores para a incompatibilidade entre os estilos de ensino e os estilos de aprendizagem dos estudantes, estes podendo variar de: estudantes mais sensíveis e intuitivos, visuais e auditivos, indutivos e dedutivos, ativos, reflexivos, aqueles que apreendem os conteúdos de forma sequencial e aqueles de visão mais global. Por outro lado, a forma de ensinar também pode variar, “alguns instrutores fazem aulas expositivas, outros demonstram ou discutem, alguns focam em princípios e outros em aplicações, alguns enfatizam a memória e outros buscam o entendimento” (FELDER e SILVERMAN, 1988, p.674). Ou seja, a forma de apresentar um conhecimento varia e há os professores que: focam em passar um conteúdo, de maneira concreta ou abstrata demais; outros se esmeram na apresentação, mais visual ou mais verbal; alguns prezam pela organização do conteúdo, seguindo uma lógica indutiva ou dedutiva; outros, enfatizam a ordem sequencial dos conteúdos ou ainda somente a perspectiva global, e há os que evocam uma participação ativa dos estudantes.

Entretanto, o ensino da engenharia é eminentemente expositivo, muitas vezes abstrato ou dedutivo, e os estudantes aprendem de forma passiva e na lógica sequencial das disciplinas. Tal descompasso nos estilos afeta sobremaneira a efetividade da aprendizagem e Felder e Silverman (1988) chegam a recomendar estratégias para o ensino, dentre as quais: relacionar o que está sendo ensinado a um uso futuro e relacionado a experiência dos estudantes, motivando-os; seguir o método científico na apresentação dos tópicos; usar imagens, esquemas e demonstrações; fornecer intervalos para reflexão; propiciar atividades práticas; fazer uso de problemas abertos e que requeiram análise e síntese; trabalhos cooperativos além de conversas com estudantes sobre seus estilos de aprendizagem.

Cabe ao professor buscar compatibilizar as dimensões do ensinar e do aprender, facilitando e provendo a experiência de condições exequíveis para o envolvimento e entendimento dos estudantes, ajudando-os a entender como funcionam os próprios processos internos de aprendizado, dando-lhes a oportunidade de desenvolver e aplicar suas habilidades em uma experiência mais prazerosa e, desta forma, construir um aprendizado mais efetivo (FELDER e SILVERMAN, 1988). Como vimos, o papel do docente é crucial na condução da aprendizagem em geral, e na aprendizagem ativa em específico, sendo um papel de mediador e facilitador, e não deveria ser diferente em qualquer outro método instrucional.

Assim, a despeito destas considerações, e diante do atual quadro do ensino das engenharias e, ainda, a fim de se alcançar a efetividade do processo formativo de engenheiros, há que se buscar alternativas para o modelo formativo vigente. Neste sentido, há uma tendência e interesse crescente pelos métodos ativos ou estratégias de ensino-aprendizagem ativas para uma formação mais efetiva do engenheiro. A legislação da área - LDB Lei 9394/96 e Resolução CNE/CES/11/2002 - que possibilitou tanto a reformulação curricular, quanto a reconfiguração do perfil profissional esperado do egresso, também acarretou demandas,

[...] por novas metodologias, posturas pedagógicas diferenciadas e visões da relação ensino-aprendizagem mais consistentes. Nessa situação, a expressão “aprendizagem ativa” ou métodos ativos de aprendizagem, vem recebendo atenção crescente dos educadores por constituir uma das respostas possíveis as novas demandas educacionais (GRIMONI *et al.*, 2012, p.63).

Há algumas experiências de inovação, que vem sendo adotadas, no que tange ao processo educativo na educação em engenharia, porém, de forma insipiente. Conforme levantamento feito por Neto *et al.* (2014) nos anais do COBENGE de 2008 a 2012, foram encontrados artigos relatando experiências com aprendizagem ativas: em 2008 - 11 artigos;

em 2009 - 8; em 2010 – 4; em 2011 – 14; em 2012 – 11. Ou seja, número muito pequeno de experiências perto do número de cursos existentes hoje no Brasil.

Majoritariamente, estas experiências são baseadas na aprendizagem ativa, que consiste num conjunto de ações planejadas que motivam os estudantes a pesquisar, executar tarefas teóricas ou práticas em grupo, interagir e discutir, compartilhando a experiência e o processo educativo. A educação em engenharia e a estratégia da aprendizagem ativa formam “um par natural. O engenheiro é educado para projetar e construir soluções para problemas do mundo real” (GRIMONI *et al.*, 2012, p.64), e a aprendizagem ativa possibilita a incorporação de atividades de projetar e construir.

4.2 Estratégias pedagógicas e a PBL

Como estratégias para se operacionalizar o processo de formação, e em consonância com a aprendizagem ativa, existem opções metodológicas de trabalho pedagógico por parte do docente na condução de atividades, tais como, *peer instruction*, *think-pair-share*, *in class exercise teams*, *cooperative note-taking pairs*, *just in time teaching*¹⁹, etc. Porém, como defendem muitos autores (BRODEUR *et al.*, 2002; SRIDHARA, 2005; FALAND e FRENAY, 2006; FRAAFF e KOLMOS, 2007; DU *et al.*, 2009; PASCUAL, 2010; *apud* GRIMONI *et al.*, 2012, p. 66) a metodologia da PBL se apresenta como a mais utilizada ou mais adequada para a educação em engenharia, pois tal abordagem contempla vários fatores e elementos preconizados pela teorização da aprendizagem ativa.

A PBL é uma estratégia pedagógica centrada no estudante visando levá-lo a aprender sobre um tema, tópico ou questão no contexto da resolução de problemas reais - complexos e multidimensionais - oferecendo elementos e fatores que convirjam para a construção e desenvolvimento de conhecimentos, habilidades e atitudes. Para Ribeiro, a PBL

¹⁹ Tradução: *peer instruction*, instrução pelo colega de trabalho; *think-pair-share*, partilhar com o colega o pensamento/discutir; *in class exercise teams*, grupo de exercícios em sala; *cooperative note-taking pairs*, tomando notas com os colegas/ou pares; *just in time teaching*, o ensino na hora certa.

é “um método de instrução caracterizado pelo uso de problemas da vida real para estimular o desenvolvimento de pensamento crítico e habilidades de solução de problemas e a aprendizagem de conceitos fundamentais da área de conhecimento em questão” (RIBEIRO, 2005, p.32). Por sua vez, Frost (1996, *apud* Neto *et al.*, 2014, p.26) aponta que a PBL é uma estratégia instrucional que visa diminuir a lacuna entre teoria e prática, e Santos (2014, p.111) argumenta que a PBL é “um método de ensino-aprendizagem que utiliza problemas da vida real (reais ou simulados) para iniciar, focar e motivar a aprendizagem de teorias, habilidades e atitudes”.

Essencialmente, a PBL é uma abordagem - uma forma de se conduzir - a aprendizagem baseada no enfrentamento de problemas a partir dos quais se desenvolvem conhecimentos, habilidades e atitudes esperadas nos estudantes, protagonistas da experiência do aprendizado. De forma subliminar, a aprendizagem é deflagrada num processo similar ao método científico de investigação na resolução de problemas e, por consequência, a construção de conhecimentos de uma dada área de saber, como na engenharia.

O professor atua menos como transmissor e centralizador de conhecimentos consolidados e mais como mediador e facilitador do processo de apropriação e descobertas pelos estudantes. Sousa (2015, p.28) nos lembra que a PBL representa uma mudança de paradigma para os participantes do processo educativo, uma vez que requer uma mudança de postura, qual seja, transforma o professor de *o detentor do saber* a *condutor* de uma experiência educativa e de um grupo de estudantes inseridos neste processo. O estudante, por sua vez, não é mais o receptor passivo, se tornando agora “o aprendiz que adquire uma autonomia constante de aprendizado”, sendo que o aprendizado é a dimensão que ganha maior foco nesta abordagem.

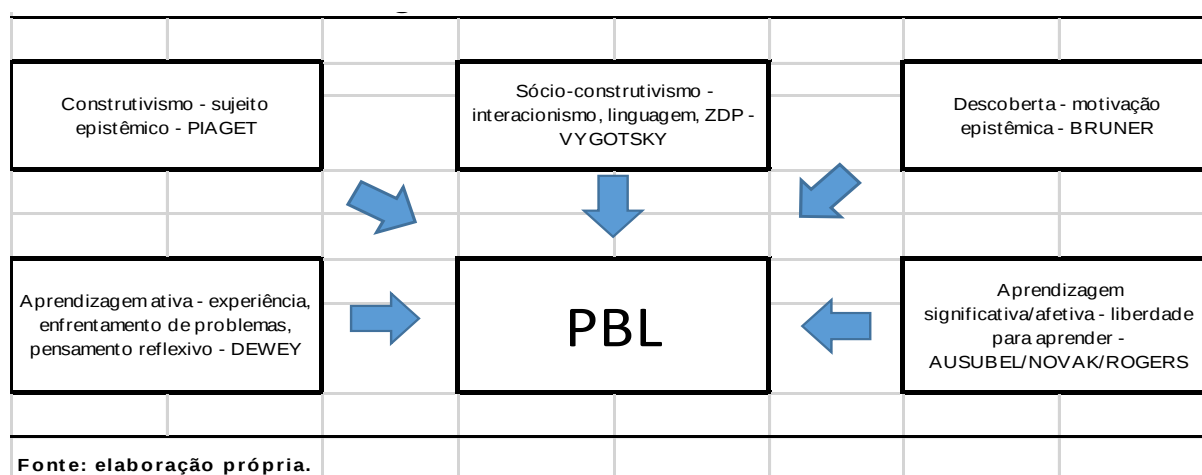
4.3 A origem e a adoção formal da PBL

A origem é incerta, mas vários estudiosos (GRIMONI *et al.*, 2012; RIBEIRO, 2005, p.33; NETO *et al.*, 2014, p.26) apontam que há uma matriz filosófica conceitual no pensamento de John Dewey e em sua teorização sobre a aprendizagem ativa. Além desta

vinculação teórica fundamental, a aprendizagem ativa e a PBL também guardam estreita relação com outras teorizações subjacentes vistas no capítulo anterior, tais como: a psicologia cognitiva e o construtivismo, vistos em Piaget; o sócio-construtivismo visto em Vygotsky; a aprendizagem significativa de Ausubel; o aspecto afetivo levantado por Novak; e a motivação epistêmica para a descoberta presente no pensamento de Bruner. Assim, considera-se que a PBL configura-se como uma “pedagogia ativa” (SANTOS, 2014, p. 110) fundamentada em várias correntes de pensamento que concorrem para sua composição teórica. Ou seja, não há uma teoria única consolidada a respeito: os princípios da PBL derivam de várias teorizações, um arcabouço de teorias complementares que dão corpo à PBL como estratégia ou abordagem para proporcionar uma aprendizagem ativa, reflexiva, significativa e efetiva.

Apresentamos no QUADRO 3 um diagrama dos fundamentos teóricos que dão base ao PBL.

QUADRO 3 – Diagrama dos fundamentos teóricos base - PBL



Na literatura pesquisada, como primeiro registro de adoção formal da PBL, vários autores como Ribeiro (2005) nos lembram que em 1969, a *Universidade de MacMaster* no Canadá - inspirada no método de “estudos de casos da escola de direito da *Universidade de Harvard* (EUA) na década de 1920, e no modelo desenvolvido na *Universidade Case Western Reserve* (EUA) para o ensino de medicina nos anos 1950” - adotou a PBL para a Educação de Medicina, acreditando que tal método solucionaria tanto a insatisfação quanto o tédio diante do “grande volume de conhecimentos percebidos como irrelevantes à prática médica” (RIBEIRO, 2005, p.32). Posteriormente, a metodologia e sua experiência se disseminaram em algumas universidades ao ponto de, em 1976 a *Universidade de Maastricht* na Holanda tornar a PBL o eixo central do seu processo educativo.

A despeito de que, em sua origem, esta abordagem tenha sido aplicada ao ensino da medicina, a PBL é passível de ser aplicada a qualquer área do saber, como na educação em engenharia, pois contempla elementos e fatores que se convergem numa estratégia adequada que ao fim produz uma aprendizagem ativa, *gera* e é permeada *pela* interdisciplinaridade, bem como favorece a construção de conhecimentos, habilidades e atitudes no discente.

No exterior, exemplos de aplicação na educação em engenharia são referendados nos estudos de Ribeiro (2005, p.33), e já existem algumas experiências no Brasil como nos relatam Grimoni *et al.* (2012), e Ribeiro (2005, p.65) em sua pesquisa de Doutorado no curso de Engenharia de Produção no ano de 2002. Para Hadgraft e Holecek (1995, *apud* RIBEIRO, 2005, p.36) a PBL favoreceria competências transversais para os futuros engenheiros tais como, adaptabilidade a mudanças, habilidade de solucionar problemas em situações não rotineiras, pensamento crítico e criativo, adoção de uma abordagem sistêmica ou holística, trabalho em equipe, capacidade de identificação de pontos fortes e fracos e compromisso com o aprendizado e aperfeiçoamento contínuos. Assim, a PBL é uma abordagem que vem se mostrando capaz de deflagrar um processo de aprendizado não só para a formação profissional, mas como um aprendizado para a toda a vida, de forma continuada, pois estabelece um hábito para a pesquisa e o aprimoramento contínuos.

4.4 Características gerais e possibilidades de aplicação da PBL

Na prática pedagógica, ou seja, na forma de apresentar, conduzir e tratar tanto o próprio processo da PBL, quanto os problemas objetos de estudo, essa abordagem comporta variadas formas de aplicação no processo educativo, mas há basicamente, envoltos nesta interação: um professor orientador, especialista ou não em determinada área, e que orienta, ampara e aconselha os estudantes; estudantes participantes, podendo ter um líder de equipe, um secretário, etc.; e desafios, situações, fenômenos, bem como problemas colocados em contextos específicos de disciplinas ou mesmo em projetos interdisciplinares que são apresentados no início do processo, a fim de serem resolvidos ao passo que ocorre a aprendizagem dos temas envolvidos.

O propósito de utilizar a PBL como processo de aprendizagem é, fundamentalmente, proporcionar a construção e/ou reelaboração coletiva e individual de conhecimentos, habilidades e atitudes a partir da experiência na resolução de problemas contextualizados, podendo estes serem trazidos pelo professor, escolhidos pelos estudantes ou até mesmo problemas imprevistos.

Com sua base na experimentação, a PBL busca promover nos estudantes, a investigação, a compreensão e a resolução de um dado problema ou desafio. Inicialmente, como ponto de partida, coloca-se um problema. Levantam-se também as hipóteses prováveis para sua solução – que se tornarão objetivos e questões de estudo, investigação e aprendizagem pelos estudantes; em seguida, aplica-se e/ou executam-se tais hipóteses, e posteriormente avalia-se sua eficácia. O conhecimento é construído pelas atividades práticas sobre o objeto de estudo de forma individual, e principalmente, na forma de trabalho em equipe, com os estudantes organizados em pequenos grupos. Nesta abordagem, o currículo deve ser pensado em função do objeto de estudo, dos saberes que se deseja desenvolver e ser submetido ao processo e ao ambiente de aprendizagem, que deve contemplar um conjunto de condições objetivas favorecedoras do objetivo de aprendizagem.

Ainda quanto à dinâmica, ou ao desenvolvimento das atividades, o percurso e a experiência do aprendizado têm início nos problemas postos, e a partir daí deflagra-se o trabalho de planejamento de ações – práticas ou mesmo teóricas - e de direção, de motivação, bem como na busca de informações individual ou coletivamente. Dá-se início a um processo de interação entre os participantes englobando a produção, apreensão, organização, gestão, representação e discussão sobre o problema e as alternativas ou hipóteses de possíveis soluções, buscadas no acervo de conhecimentos prévios e em outras fontes externas, a serem pesquisadas, analisadas e postas à prova, incluindo a avaliação de pares, relatórios e apresentações, seminários, etc.

Importante ressaltar que este processo é potencializado pela dinâmica do trabalho em equipe, desenvolvendo estudos sobre um tema ou problema específico e, neste sentido, as discussões em grupo têm um papel importante, pois é por elas que ocorrem o confrontar com os saberes prévios, com as diferentes opiniões – a reflexão coletiva - com as hipóteses e suas inadequações frente ao problema, e o exercício individual da exposição dos estudantes, desenvolvendo habilidades técnicas e não-técnicas, tais como a comunicação, o trabalho em equipe, a visão global do problema, a ética, a corresponsabilidade, entre outras.

É nesta dinâmica dialógica e dialética, neste processo de aprendizagem, que se busca consolidar e integrar teoria e prática. Neste processo, deve-se buscar, a partir do acervo de conhecimentos dos estudantes, a síntese, a reelaboração e a construção de novos saberes, *intra* ou *interdisciplinares* em toda sua potencialidade. Ressalta-se, aqui, a importância da relação professor-estudante e Santos (2014) pondera sobre o papel da boa comunicação e da mediação do professor que se bem “conduzida é considerada fundamental para que os estudantes possam permanecer motivados e o envolvimento de todos com as atividades propostas sustente-se” (SANTOS, 2014, p.114).

Quanto a esta interação professor-estudante, na PBL esta relação é mais horizontal, pois como o foco é menos no ensino e mais no processo de aprendizagem, o professor se coloca no nível do estudante, como um colaborador do processo, ou seja, busca-se uma relação mais próxima entre os sujeitos participantes do processo educativo.

Diferentemente do modelo da aula tradicional, onde “tudo já está determinado e há pouco para ser descoberto” (SOUSA, 2015, p.28), na PBL, o estudante tem um papel central, o de protagonista no processo de autoaprendizagem – de forma ativa e reflexiva - e na interação com os demais participantes, bem como no compartilhamento coletivo de informações e conhecimento para a solução do problema e construção dos saberes. Tal processo busca dar voz aos estudantes, ao passo que permite a tomada de decisões ao longo das atividades, num processo de empoderamento do estudante, conferindo-lhe um sentimento de responsabilidade e significação.

Quanto ao professor, como nos lembra Sousa (2015, p.25), há na PBL uma,

[...] descentralização do conhecimento que antes era localizado no professor...[este]...não é o único detentor do conhecimento, já que se configura como mais um recurso para aprendizagem, do mesmo modo como são os [...] estudantes do grupo, os livros, a internet, e eventualmente, os profissionais da área.

Como já mencionado, o professor deve atuar como mediador e orientador do processo formativo, fornecendo estrutura e condições objetivas, ou seja, um ambiente de aprendizagem favorável, conduzindo discussões e interação com o grupo sem, contudo, oferecer respostas.

A despeito da variabilidade em que a atuação do professor pode ocorrer, em geral, Delisle (2000, *apud* SOUSA, 2015, p.27) sintetiza a atuação do professor em três fases, a saber,

1) [...] desenvolve o problema de modo que sejam abordados os conteúdos do currículo. Essa etapa começa antes do período letivo, quando o professor deverá

decidir se o PBL será usado em todo conteúdo do currículo ou em algum conteúdo específico.

2) [...] orienta os estudantes no tratamento do problema [...] uma etapa particularmente difícil, porque o professor precisa guiar, sem conduzir; apoiar, sem dirigir. E mais, orientar os estudantes sem parecer que está escondendo a resposta (RIBEIRO, 2008)...

3) [...] avalia o problema, o estudante e sua própria atuação e pondera a eficácia do problema no desenvolvimento de conhecimentos e competências. Se for o caso, pode modificar o problema, quando perceber que a resolução não resultou em progresso dos estudantes [...].

Ainda quanto à figura indispensável do professor, Valente (2002, *apud* SOUSA, 2015, p.25) nos lembra que, mesmo a PBL sendo uma aprendizagem ativa, “é essencial a intervenção do professor para que os estudantes possam formalizar conceitos convencionados historicamente. Sem a presença do professor seria necessário o estudante recriar essas convenções”.

Segundo Casale (2013), os atributos fundamentais do profissional que trabalha com PBL também se categorizam em *conceituais*, *procedimentais* e *atitudeis*; tais atributos determinam em parte os rumos da experiência educativa. Dentre as competências ou áreas de domínio, segundo a autora, o professor ou facilitador, precisaria ter as seguintes características: capacidade de facilitação do processo, isto é, ser capaz de zelar e orientar a aprendizagem ativa pelo grupo de estudantes, fornecendo-lhes, ainda, as condições objetivas e materiais para tal criando um ambiente favorável de aprendizagem, além de postar-se como um co-aprendiz; capacidade de trabalho em grupo, de mobilizar pessoas e recursos; capacidade de observar e escutar, buscando compreender as intersubjetividades para decidir quando intervir, ao passo que estabelece um relacionamento harmonioso, saudável e de respeito, o que implica boa comunicação e interação; capacidade de questionar, promover e instigar o raciocínio na discussão; capacidade de fornecer *feedback*, intervindo para corrigir erros, rumos e promover ajustes, reforçando conhecimentos, habilidades e atitudes.

Na prática, a PBL apresenta algumas características fundamentais, quais sejam: tem como ponto de partida um problema contextualizado e relacionado às situações profissionais; são os problemas que demandam os tópicos e áreas de conhecimento a serem estudados com menos aulas expositivas; o estudante é o protagonista de seu processo de aprendizagem; há o trabalho em equipe e o desenvolvimento do senso de responsabilidade pelo trabalho coletivo.

Apresentamos no QUADRO 4, um resumo das principais características da PBL.

QUADRO 4 – Características da *Problem Based Learning*

Objetivo	Gerar conhecimento a partir da experiência na resolução de problemas contextualizados simulados ou reais. Problemas são o ponto de partida da construção coletiva e individual de conhecimentos, habilidades e atitudes
Abordagem	Baseada no método científico de investigação - experimento, teórico ou prático sobre um problema ou desafio posto, ou seja, levanta-se o problema, as hipóteses de solução, aplicam-se e avaliam-se suas eficácias. Currículo deve ser pensado em função do objeto de estudo, dos saberes que se deseja desenvolver e submetido ao processo de aprendizagem, com trabalho em equipe orientado pelo professor.
Dinâmica da prática	Estudantes em pequenos grupos organizam o trabalho e realizam tarefas práticas e/ou mesmo teóricas, interagem e discutem as melhores opções - avaliação de pares, relatórios, seminários e apresentações - relacionando teoria à prática, para resolver os problemas postos. É nesta fase que ocorre a integração teoria-prática entre saberes.
Análise e síntese (teorização) + integração de saberes	Busca-se no acervo de conhecimentos prévios hipóteses a serem analisadas e postas à prova, ao passo que a partir das discussões, buscam-se e constroem-se e sintetizam-se novos saberes, intra ou interdisciplinares.
Papel do estudante	Tem papel central no processo de - auto - aprendizagem, bem como na interação com demais participantes na busca individual e coletiva de informações e conhecimento (biblioteca, internet, especialistas, etc) para a solução do problema, não desconsiderando o caráter coletivo do processo de construção dos saberes.
Papel do Professor/Tutor/Educador/Especialista	Atuam como mediadores e orientadores do processo educativo, oferecendo condições objetivas para o processo de aprendizagem sem contudo oferecer respostas.

Fonte: Elaboração própria a partir da literatura.

Considerando que não há um formato único para a aplicação da PBL enquanto estratégia de aprendizagem, apresentamos no QUADRO 5 um esquema básico de roteiro das fases da PBL.

QUADRO 5 – Roteiro básico PBL

Experiência educativa - Processo ensino-aprendizagem	Proposição de problema		
		Análise de conhecimentos prévios e hipóteses de solução	
		Distribuição de tarefas e busca de informações	
		Discussão	
		Aplicação da melhor hipótese	
		Avaliação	
	Interação e discussão		
	Processo iterativo		
	Supervisão e condução do Professor Orientador		
Fonte: elaboração própria baseado nas fases do pensamento reflexivo de Dewey.			

Importante ressaltar que, na aplicação desta abordagem, há que se considerar que o processo é *iterativo*. Por iterativo, entende-se um procedimento sucessivo ou sequencial, que pode se dar por repetição ou não, tentativas e erros, que revelam um desenvolvimento e melhoria contínua a cada fase ou ciclo do aprendizado, em que um objeto ou produto é resultado de uma fase antecedente.

Esta forma de conduzir o processo educativo não é fechada em um modelo para disciplinas e cursos como nos relatam Grimoni *et al.* (2012) em seus estudos. O formato de aplicação dependerá de vários fatores, tais como: a natureza do problema posto; o conhecimento, habilidades e atitudes que se pretendem desenvolver; a própria disciplina; o nível de desenvolvimento e aprendizado dos estudantes; os recursos materiais e condições objetivas proporcionadas pelo professor e pela escola, dentre outros fatores, como no contexto de uma competição, que veremos no caso de estudo apresentado no Capítulo 5.

Dentre as experiências existentes de aplicação da PBL, Neto *et al.* (2014, p.31) e Sousa (2015, p.13) nos lembram que a *Universidade de Maastrich* na Holanda adotou e sugere um modelo procedimental que consiste em sete passos, os quais os estudantes devem seguir a fim de resolver uma situação problema, conforme descrito no QUADRO 6.

QUADRO 6 - Sete Passos da PBL

1	Primeiro encontro do grupo, o problema é analisado, sendo esclarecidos os termos presentes no texto do problema.
2	O grupo deve buscar uma definição ou formulação do problema, estabelecendo quais são os processos ou fenômenos a serem explicados, ou quais as soluções a serem buscadas.
3	Busca-se a análise do problema, procurando ativar os conhecimentos prévios que os membros já possuem sobre o tema. Os estudantes debatem livremente suas possíveis explicações, ou propostas de soluções para o problema.
4	Os estudantes procuram sistematizar os aspectos debatidos no passo anterior, visando a estruturar e sumarizar as possíveis explicações para o problema, ou as propostas de ações a serem desencadeadas.
5	O grupo faz uma identificação de objetivos da aprendizagem, questionando-se sobre o que os participantes precisariam conhecer melhor para aprofundar sua compreensão do problema e tornarem-se capazes de explicá-lo (ou solucioná-lo) de forma mais satisfatória. As análises conduzidas nos passos anteriores fornecem elementos para a identificação das lacunas de conhecimentos dos estudantes a serem preenchidas nas etapas seguintes e que auxiliam na formulação dos objetivos de aprendizagem.
6	Fase do estudo individual, no qual o estudante busca identificar e utilizar os recursos de aprendizagem que lhe permitam adquirir os conhecimentos necessários para alcançar os objetivos estabelecidos.
7	Os estudantes voltam a se reunir, apresentando de forma sistematizada os resultados de seu estudo individual, procurando justificar sua análise e as proposições feitas a partir da aquisição dos novos conhecimentos. Nesse passo são revistos e refinados os resultados do passo 6, de modo a permitir que o grupo sistematize uma proposição final ou proposta de ação para o problema.

Fonte: reproduzido de NETO et al. (2014, p.31), conforme proposta pedagógica da Universidade de Maastricht, na Holanda.

Ou seja, o processo dos Sete Passos, inicia-se com a apresentação do problema, de suas características, das hipóteses para resolvê-lo, a busca por conhecimentos ainda não adquiridos e que devem ser estudados, o estudo autônomo, a discussão com o grupo e a posterior aplicação da síntese para solucionar o problema. Sousa (2015, p.14) nos lembra que, “em metodologias problematizadoras, é comum estruturar o desenvolvimento das atividades de resolução de problemas em uma sequência de passos ou etapas que devem ser realizadas com o objetivo de articular a experiência com a teoria”, assim como o modelo operacional e procedimental acima, entretanto, tal fato não desconsidera o caráter iterativo e flexível necessários ao processo de aprendizagem, ou seja, pode-se retornar a um ponto para reavaliá-lo, corrigi-lo ou aprimorá-lo.

Ademais, os passos sugeridos são uma orientação de um percurso formativo – um norte - que pode ser variável; dessa maneira, os Sete Passos não devem ser tomados como um modelo rígido, uma receita a seguir. O mais importante é que a experiência formativa proporcione como desdobramento uma legítima experiência de aprendizagem reflexiva como descrita por Dewey.

Por sua vez, em uma outra abordagem, Ribeiro (2005, p.42) recomenda um roteiro para aplicação, conforme QUADRO 7.

QUADRO 7 – Roteiro PBL

Apresentação do problema	Estudantes definem a natureza do problema e organizam idéias e tentam solucioná-lo com
Discussão	Estudantes elaboram perguntas - learning issues - sobre pontos e aspectos, definindo prioridades de aprendizagem e que serão investigadas, delengando tarefas para posterior partilhamento com o grupo. Professor participa orientando e discutindo os recursos necessários na investigação e aprendizagem.
Reencontro	Compartilhamento das buscas para a resolução, estudantes são encorajados a fazer síntese e integração de novos saberes e conexões com os anteriores. Prossegue-se na solução do problema no processo contínuo de aprendizagem e exploração do tema/problema, mesmo pelo professor.
Avaliação	Ocorre a avaliação de si mesmos, de seus pares de forma construtiva. Auto-avaliação é uma habilidade essencial para a aprendizagem autônoma.
Fonte: elaboração a partir de DUCH (1995), SANFORD UNIVERSITY (2000), BARROWS (2001) apud RIBEIRO (2005, p.42)	

Como podemos ver, basicamente nestes roteiros sugeridos de aplicação da PBL apresenta-se o problema; organizam-se grupos de estudantes que discutem ideias e hipóteses; busca-se compreender o problema posto com o que já sabem, e quanto ao que ainda não sabem, estes se tornaram os objetivos de aprendizagem; há a distribuição de tarefas – práticas ou teóricas - visando esclarecê-las e ou aplicá-las; há o compartilhamento e discussão com o grupo; busca-se a integração e a síntese de novos conhecimentos; ocorre a avaliação fechando o ciclo, avaliação esta que pode ser auto-avaliação e também a do próprio processo de aprendizagem.

Com a adoção da PBL, o trabalho em grupo e a autonomia dos estudantes, que perpassam as atividades, a aprendizagem é construída e os estudantes desenvolvem “habilidades de autorregulação, que são favorecidas [...] quando do estabelecimento de objetivos (o que vou fazer?), escolha de estratégias (como vou fazê-lo?) e avaliação do problema e do processo educacional (funcionou?)” (GIJSELAERS, 1996, *apud* RIBEIRO, 2005, p. 35) num processo que favorece a exposição de pontos de vista diferentes, a compreensão do problema e a partilha da responsabilidade na solução deste problema.

Qualquer que seja o formato adotado, a PBL é um processo de aprendizagem que contempla ações deliberadas, seu controle e correções, e guarda semelhança com “o ciclo PDCA (planejamento, ação, verificação e ação corretiva) de Deming (1986) ou às cinco fases de desdobramento da experiência de Dewey”²⁰ (PENAFORTE, 2001, *apud* RIBEIRO, 2005 p.41). Assim, a PBL proporciona implicitamente um processo de absorção de nova informação e saberes, sua reelaboração e aplicação, bem como a posterior avaliação, a fim de se comprovar a utilidade ou a adequação ao problema.

Entretanto, dada a forma de apresentação e a variedade de possibilidades de aplicação da PBL, é importante ressaltar que vários autores (BARROWS, 1986 *apud* RIBEIRO, 2008; UDEN; DEAUMONT, 2006, *apud* SOUSA, 2015, p. 17) apontam que a aprendizagem ativa e a PBL não devem ser vistas como substitutas da aula expositiva, podendo ser perfeitamente combinada com métodos tradicionais. E, mesmo Dewey não descartou as vantagens do método tradicional de ensino.

4.5 Sobre a natureza do “problema” na PBL

Para Barrows (1996, *apud* RIBEIRO, 2005, p.37), a colocação de problemas aos estudantes, pertinentes ao campo de atuação desses futuros profissionais é considerada “o núcleo absolutamente irreduzível da aprendizagem baseada em problemas”.

²⁰ Deming é referência a William Edwards Deming (1900-1993), estatístico norte-americano conhecido como estudioso de melhorias dos processos produtivos e de métodos como o Controle Estatístico da Qualidade.

No processo de aprendizagem, trabalhar simplesmente projetos ou problemas não é suficiente, é preciso que haja um confronto pelos estudantes com um tipo de problema que a literatura vem nomeando de problema “aberto”, ou seja, aquele que contém pouca informação indicativa – minimamente estruturado - e que não induza nem ao método nem à solução, de forma que leve à mobilização e integração de diversos recursos cognitivos em uma “zona de desenvolvimento próxima e que possa apoiar-se em uma certa familiaridade com o campo conceitual implicado” (ARSAC, GERMAIN e MANTE, 1988, *apud* PERRENOUD, 1999, p.57), o que permitiria ao estudante construir um percurso formativo em busca da solução.

O problema posto deve ter grau de estruturação e “complexidade condizente com os conhecimentos prévios dos estudantes, favorecer a interdisciplinaridade e cobrir uma área extensa de conteúdo, satisfazendo os objetivos de conhecimentos, habilidades e atitudes almejadas” (RIBEIRO, 2005, p.44).

Para Stepien *et al.* (1998, *apud* RIBEIRO, 2005, p.44) quanto menos for estruturada a apresentação do problema “maior a oportunidade de os estudantes se engajarem em um processo reiterativo de especulação, definição, coleta de informações, análise e redefinição do problema” (RIBEIRO, 2005, p.44).

Aliás, quanto à natureza do problema, Barrows (2001, *apud* RIBEIRO, 2005, p.43) nos lembra que este pode ser desde “entender um fenômeno intrigante, encontrar uma maneira melhor de fazer algo, uma melhor forma de projetar alguma coisa, de construir algo ou [até] de criar uma obra de arte”, ou seja, processos de aprendizagem por onde as inovações e a construção de conhecimentos pelos estudantes podem surgir.

Esse processo de enfrentamento de problemas leva a tomada de decisões no curso das ações, à superação de obstáculos, e à construção de conhecimentos e competências. Como nos lembra Bachelard (1999, p.11), “é em termos de obstáculos que o problema do conhecimento científico deve ser colocado”, e poderíamos mesmo pensar que o problema é um obstáculo. O caráter do obstáculo nas experiências em resolver problemas é que os obstáculos instigam a curiosidade, promovem um contraponto e vão contra os saberes prévios, anteriormente estabelecidos no indivíduo, gerando uma perturbação e um problema, uma dúvida, um questionamento e aí dispara-se o processo da mobilização de saberes num processo dialético de construção de respostas e do próprio conhecimento (BACHELARD, 1999).

Vargas, por sua vez, nos lembra que “problema é o obstáculo que está entre o local onde se está e o local em que se gostaria de estar” (VARGAS, 2002, p.141), configurando-se como a diferença entre um ponto e outro onde se quer chegar, ou seja, a área de aprendizagem entre os conhecimentos prévios e os potenciais, as ZDP’s de Vygotsky. O importante, contudo, é lembrar que um obstáculo pode ser ultrapassado e transposto, consolidando a construção de uma solução de um dado problema.

Mais uma vez, o papel do docente se mostra crucial, uma vez que é ele quem deve primeiro dimensionar, identificar “e ajudar o estudante a identificar um obstáculo e torná-lo o ponto nodal da ação pedagógica” (PERRENOUD, 1999, p.59), além de ser responsável por criar situações-problema mobilizadoras e estimulantes a fim de se alcançar aprendizados e resultados específicos. Ribeiro (2005, p.43) nos lembra, ainda, que o dimensionamento do problema ou desafio posto pode “determinar os conteúdos que são trabalhados e a abrangência e a profundidade com que isto será feito”.

Na aprendizagem ativa e na PBL, o professor orienta o trabalho, ao passo que “dá razoável grau de liberdade aos estudantes para buscarem novos meios para a resolução dos problemas propostos. Partindo de seus conhecimentos prévios, o estudante é incentivado a refletir para chegar a algum resultado” (SANTOS, 2014, p.111), reelaborando ou descobrindo conhecimentos que não tinha antes, seguindo, assim, a linha da aprendizagem por descoberta de Bruner. Para tanto, na proposição do problema há que se ter caráter investigativo no percurso da solução.

Enfim, a natureza do problema e o processo de sua solução consolidariam a integração de saberes e levariam à aprendizagem de “uma base de conhecimentos integrada e estruturada em torno de problemas reais e o desenvolvimento de habilidades de aprendizagem autônoma e de trabalho em equipe, tal como ocorre em situações práticas” (RIBEIRO, 2005, p.36) da vida profissional futura dos estudantes.

Em engenharia, os problemas podem ser geralmente apresentados na forma de especificações técnicas e restrições de variadas naturezas, tal como medidas, materiais e tecnologias empregadas e mesmo relativas às suas aplicações físicas podendo estes se configurar como uma construção, um processo, um serviço, uma atividade ou mesmo um projeto de longa duração. Assim, Ribeiro (2005, p.47) nos lembra que, na transposição de problemas para a educação em engenharia, a PBL pode também se caracterizar como uma

Aprendizagem Baseada em Projetos – *Project Based Learning* (PjBL)²¹, a qual veremos na seção seguinte.

4.6 A PBL e a Aprendizagem Baseada em Projetos, uma diferenciação e/ou aproximação

Para o *Project Management Institute* (PMI)²², instituição internacional que edita o Guia de Conhecimentos de Gerenciamento de Projetos - PMBOK²³ - um projeto é “um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo” (PMI, 2004, p.5) ou ainda uma capacidade de realizar algo. Já para Vargas (2002, p.8) um projeto é um,

[...] empreendimento não repetitivo, caracterizado por uma sequência clara e lógica de eventos, com início, meio e fim, que se destina a atingir um objetivo claro e definido, sendo conduzido por pessoas dentro de parâmetros predefinidos de tempo, custo, recursos envolvidos e qualidade.

Para o autor, um projeto configura-se ainda como um “conjunto de ações, executado de maneira coordenada por uma organização transitória, ao qual são alocados os insumos necessários para, em um dado prazo, alcançar o objetivo determinado” (VARGAS, 2002, p.8). Obviamente, esta é uma definição estrita – de uma visão organizacional - e ideal de um projeto, uma vez que em todo projeto também ocorrem imprevistos e problemas desestruturados de toda ordem, que demandam conhecimentos, habilidades e atitudes tanto do gestor do projeto, quanto dos membros da equipe envolvida.

Em geral, os projetos envolvem tanto riscos de saírem do escopo original – e por isso há um subprocesso, a gestão de riscos – quanto restrições envolvendo recursos humanos, tempo, custos, qualidade, além de fatores ambientais, políticos, sociais e culturais. Ou seja, um projeto está sujeito a um conjunto de fatores intervenientes, a características e especificações, além de interdisciplinaridade e complexidade, o que subentende que trabalhar

²¹ Para o termo *Project-Based Learning*, encontra-se na literatura também a sigla POL significando *Project Oriented Learning* – POL.

²² Devido ao intenso uso da metodologia de projetos na indústria de defesa e aeroespacial dos Estados Unidos da América na década de 1960, o PMI foi fundado em 1969 e hoje tem representações no mundo todo.

²³ Do inglês, PMBOK – *Project Management Body of Knowledge*.

com projetos requer integração e coordenação - o gerenciamento - de vários elementos envolvidos, tais como, pessoas, recursos materiais, dentre outros.

Ainda segundo o PMBOK, a prática e a vivência em gerir um projeto contemplam a aplicação “de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas [...] a fim de atender aos seus requisitos [...] através da aplicação e da integração dos seguintes processos de gerenciamento de projetos: iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle, e encerramento” (PMI, 2004, p.8). A integração e gerenciamento de ações necessárias aos projetos implicam e requerem “atividades necessárias para identificar, definir, combinar, unificar e coordenar os diversos processos e atividades que se encontram em subsistemas do projeto como um todo” (PMI, 2004, p.337). São processos e atividades de trabalho diversos, os quais os engenheiros muito provavelmente lidarão em suas práticas profissionais, uma vez que no setor produtivo, os projetos também são diversos, contemplando áreas, atividades e construções com multidimensões disciplinares tais como: a engenharia civil e seus diversos tipos de construções físicas; a área da mecânica com máquinas e equipamentos de toda ordem e natureza; a elétrica/eletrônica com uma gama de aplicações em circuitos e dispositivos; além de uma infinidade de produtos, serviços, uso de materiais, fontes de energia, controles informacionais e computação, etc.

Considerando o conjunto de atividades que o gerenciamento de projetos implica, ressalta-se ainda, o uso de ferramentas de gestão, planejamento e de controle de qualidade nos processos de projetos, que devem permear toda a concepção de produtos e serviços em geral, consolidando um produto bem acabado, de qualidade, eficiente e viável economicamente. É importante ressaltar que na engenharia é recorrente o uso de tais ferramentas de gestão, elas estão por trás dos processos, dando suporte, subsidiando o trabalho, tais como: o Controle Estatístico do Processo, o método do *Planejar, Fazer, Checar e Agir – Plan, Do, Check, Act* (PDCA); a *Casa da Qualidade*, que consiste numa matriz entre os requisitos do cliente e os do projeto possível, donde se extraem as metas do projeto; prática e método dos 5 Sentidos, senso de utilização, ordenação, limpeza, saúde, e autodisciplina; a prática e método do Aprimoramento Contínuo - *Kaizen*,²⁴ dentre outros.

Por ser oriunda do setor produtivo e do mundo organizacional, a ideia de projeto como descrita acima, visa à concepção e à construção de produtos e serviços direcionados ao mercado consumidor, e a metodologia de projetos também tem sido ofertada no setor

²⁴ 5S é acrônimo relativo aos nomes traduzidos do japonês - *Seiton, Seiri, Seiso, Seiketsu e Shitsuke* - significando ordenação, limpeza, saúde, autodisciplina e utilização.

educacional, configurando uma disciplina ou mesmo cursos de especialização, como a Gestão de Projetos. A ideia é tão difundida mundialmente, que o PMI certifica profissionais habilitando-os na metodologia.

Entretanto, a estratégia de projetos também pode ser aplicada ao processo educacional em si, a ser aplicado a várias áreas e disciplinas como uma metodologia – uma prática - para o ensino-aprendizagem, portanto, a educação pode se valer das orientações de um *projeto* para viabilizar e levar à consolidação de saberes os mais diversos que não sejam meramente a criação de um produto. Tal fato pode ser considerado a distinção crucial entre a concepção de projeto do meio corporativo e as denominações PjBL e PBL, uma vez que a escola não é um empreendimento que produz bens de consumo voltados ao mercado, e o objetivo é aprender com a resolução de problemas e ou projetos em ambiente escolar.

Na verdade, o uso do conceito de projetos na educação não é novidade; já em 1910, Dewey defendia que os projetos seriam uma maneira de se viabilizar a aprendizagem ativa, e para tanto, chegou mesmo a apontar condições que os projetos deveriam ter, como referendado no Capítulo 3. Para Hernández (1998), um projeto é um,

[...] procedimento de trabalho que diz respeito ao processo de dar forma a uma ideia que está no horizonte, mas que admite modificações, está em diálogo permanente com o contexto, com as circunstâncias e com os indivíduos que, de uma maneira ou outra, vão contribuir para este processo... [há também uma] ...confluência de campos disciplinares que se produzem para que um projeto se realize, e a ideia de colaboração que implica. Além das possibilidades de estabelecer conexões, gerar transformações, explorar caminhos alternativos, dialogar com outros projetos [...] (HERNÁNDEZ, 1998, p.22).

Hernández e Ventura (1998) argumentam que a adoção dos projetos leva o estudante a enxergar a realidade de forma integral, considerando as múltiplas influências que um tópico ou problema envolvido no projeto exerce, sua interdisciplinaridade, e, que a intenção é que o indivíduo “globalize os conteúdos e as aprendizagens” levando ainda, à capacidade de o estudante estabelecer relações e inferências, construindo um “saber relacional” (HERNÁNDEZ e VENTURA, 1998, p.45). Adicionalmente, o próprio PMI (2004) aponta que a vivência e prática em trabalho em equipes de projetos desenvolveriam habilidades interpessoais, tais como,

[...] comunicação eficaz, influência sobre a organização e a capacidade de fazer acontecer, liderança, motivação, negociação e gerenciamento de conflitos, resolução de problemas, consistindo esta última habilidade em, a partir da definição do problema, identificar e analisar as alternativas e tomar decisões (PMI, 2004, p.15).

Assim como a PBL apresenta variadas formas de aplicação, também o fazem os projetos em educação e, por isso, Hernández (1998, p.80) aponta algumas características gerais, como,

[...] vão além dos limites curriculares; implicam a realização de atividades práticas; os temas selecionados são apropriados aos interesses e ao estado de desenvolvimento dos alunos; são realizadas experiências [...]; deve ser feito algum tipo de pesquisa; implicam atividades individuais, e grupais [...] em relação com as diferentes habilidades e conceitos que são aprendidos.

O fato é que a configuração dos projetos na área da educação ainda hoje obedece aos princípios ditados por Dewey no início do século XX, tais como,

[...] parte-se e um tema ou problema negociado com a turma; inicia-se um processo de pesquisa; buscam-se e selecionam-se fontes de informação; estabelecem-se critérios de ordenação e de interpretação das fontes; recolhem-se novas dúvidas e perguntas; estabelecem-se relações com outros problemas; representa-se o processo de elaboração do conhecimento [...] recapitula-se (avalia-se) o que se aprendeu; conecta-se com um novo tema ou problema (HERNÁNDEZ, 1998, p.81).

Os projetos não devem ser tomados como um método no sentido estrito, como um passo-a-passo, uma *receita*, pois estão sujeitos a variações de toda ordem, como fatores institucionais, subjetivos, provenientes dos temas e problemas postos, etc. Mas devem ser tomados como uma orientação na condução do processo educativo.

Considerando as similitudes da PBL e PjBL, essencialmente, como nos lembra, Darmofal (2016), referindo-se ao ensino de *design* em engenharia aeroespacial, a premissa básica de ambas as abordagens é oferecer aos estudantes,

[...] a oportunidade de aplicar conhecimentos e entre outros benefícios, tem sido apresentada para encorajar o aprendizado mais profundo de fundamentos técnicos [...] os projetos requerem dos estudantes a integração da teoria, experimentos [...] ao passo que eles desenvolvem, validam e aplicam modelos [teóricos] para melhorar a performance de um desenho básico (DARMOFAL, 2016).

Em outras palavras, seja um desenho de um produto ou um problema proposto de que natureza for, a experiência de resolver um problema num ambiente de aprendizagem permeado pela cultura do projeto proporciona a construção de saberes técnicos e não-técnicos, pois compele os estudantes a exercitarem várias habilidades, inseridos em situações de aprendizagem prescritas pela PBL ou em PjBL.

Ainda considerando as duas abordagens e suas ênfases, Sousa (2015) nos apresenta um formato híbrido – a Aprendizagem Baseada em Problemas e Organizada em Projetos – *Project Organized and Problem Based Learning* (POPBL); esta hibridização refere-se ao aparecimento inerente de problemas transversais no decurso da resolução,

construção e desenvolvimento de projetos nos quais se trabalha (SOUSA, 2015, p.41). Para o autor, ao passo que os estudantes constroem projetos, relacionam o que estão fazendo com seus saberes prévios, elaboram e testam hipóteses ao tentar resolver os problemas que vão aparecendo, questionam a aplicabilidade das teorias, aprendem conceitos e métodos e basicamente aprendem a ser críticos e criativos (SOUSA, 2015, p.7).

Nesta abordagem “cada situação problema é organizada em torno de um projeto que contemple os conteúdos programáticos da disciplina na qual esse tipo de abordagem é utilizada, nessa modalidade o desenvolvimento de um projeto visa resolver um problema” (SOUSA, 2015, p.38) ou mesmo vários inerentes ao projeto. Em outra perspectiva, pode-se considerar ainda o *projeto* na PBL como o desempenho do estudante ou mesmo um produto físico finalizado (DELISLE, 2000, p.43, *apud* SOUSA, 2015, p.38), o que permitiria a avaliação mais consistente em relação à aprendizagem.

A despeito da modalidade híbrida defendida por Sousa (*opus cit.*), enfim, tanto a PBL quanto a PjBL são estratégias, metodologias para se pôr em prática a aprendizagem ativa baseada em problemas, e ambas tem fatores e elementos comuns e convergentes que se configuram em semelhanças ou mesmo em abordagens complementares, como apontado pelo estudo de Tavares e Campos (2013, *apud* NETO *et al.*, 2014, p. 64) em que relacionam-se as duas metodologias à Taxonomia de Bloom – que classifica os objetivos de aprendizagem em níveis de complexidade e ao ciclo de aprendizagem de D. A. Kolb (1984), que por sua vez caracteriza a aprendizagem em quatro estágios de transformação: o *sentir*, o *observar*, o *pensar*, e o *fazer*.

Adicionalmente, como nos lembra Vargas, assim como na PBL, todo projeto também tem sua origem em um problema e ou uma oportunidade sendo o “marco que determina o início de um projeto” (VARGAS, 2002, p.141). O fato é que, a metodologia de projetos como é entendida hoje, enquanto prática educativa, apresenta-se consoante ao pensamento de Dewey, inclusive no que diz respeito à relação professor-estudante, pois como nos lembra Araújo (2009), nos projetos, professor e estudante “estabelecem uma parceria na busca de soluções para os problemas, pensam juntos para alcançarem os objetivos propostos” (ARAÚJO, 2009, p.29).

A despeito das terminologias PjBL, PBL ou ainda POPBL, todas essas metodologias têm um objetivo comum que é o de promover a aprendizagem, a formação e o desenvolvimento de saberes; vale ressaltar que a *Universidade de Maastricht*/Holanda não faz diferenciação quanto a se a metodologia utiliza projetos ou problemas em suas dinâmicas de

aprendizagem, e por isso manteve a sigla PBL para se referir a ambas as ênfases (SOUSA, 2015, p.39). Enfim, para o futuro engenheiro, estando ele em um contexto de projeto ou não, a essência de suas atribuições profissionais é apresentar soluções para problemas.

4.7 A PBL, o desenvolvimento de competências, e a relação com o saber

Muito além da aplicação de estratégias de aprendizagem ativa e da adoção da PBL, os benefícios que esta abordagem de aprendizagem pode proporcionar - desenvolvimento e formação de saberes, pensamento reflexivo, crítico e criativo, habilidades técnicas e não-técnicas, e de atitudes frente aos desafios e problemas que os estudantes terão na vida profissional - requerem uma mudança de postura tanto do docente, quanto do discente, frente ao processo formativo.

Como vimos, a PBL favorece o desenvolvimento de competências disciplinares e não-disciplinares, porém, há que se buscar e estabelecer uma nova perspectiva e um novo acordo entre as partes envolvidas sobre a forma de perceber e conceber o processo educativo, o que Perrenoud (1999) chama de *novo acordo didático*, ou o que Charlot (2001) chama de *relação com o saber*. Fatores como *predisposição, autonomia e desejo*, por parte dos envolvidos, e principalmente do estudante, devem ser considerados, uma vez que, em grande medida, recai sobre este último a motivação intrínseca e a busca pelo conhecimento.

Ou seja, há que se ter uma motivação pessoal, um desejo pelo conhecimento, pelo saber e pelo aprender, sem o qual tais processos não se efetivam, pois “só há saber em uma certa relação com o saber, só há aprender em uma certa relação como o aprender” (CHARLOT, 2001, p. 17). Assim, para se alcançar uma educação efetiva, há que se considerar que existe, *a priori*, no nível do indivíduo, uma relação deste com o saber e com o aprender. Trata-se de uma postura epistemológica do indivíduo frente ao conhecimento, a seus objetos de aprendizagem, à sua realidade concreta, e aos problemas e desafios que enfrenta, e, tal postura se reflete em um tipo de aproximação, de abordagem e tratamento a questões e problemas. Neste sentido, Freire (1996, p.28) nos lembra da necessidade dessa

postura ser aberta e visar à reflexão crítica quanto ao rigor metódico das dúvidas constantes, configurando-se em uma condição necessária ao desenvolvimento de novos saberes.

Na perspectiva escolar, Perrenoud (1999), por sua vez, aponta que a motivação, o interesse e a postura individual frente ao conhecimento, aliados a uma prática pedagógica baseada numa abordagem por competência, levariam estudante e professor à consolidação de competências. Para o autor, tais aspectos referem-se à capacidade de mobilizar eficazmente um conjunto de conhecimentos para solucionar com pertinência e eficácia uma série de situações-problema com uma postura reflexiva, ou seja, a partir de situações comuns ou fora da rotina, ter a capacidade de,

[...] fazer relacionamentos, interpretações, interpolações, inferências, invenções, em suma, complexas operações mentais cuja orquestração só pode construir-se ao vivo, em função tanto de seu saber e de sua perícia quanto de sua visão da situação (PERRENOUD, 1999, p.8).

Como já mencionado, o termo *competência* é polissêmico e implica saberes objetivos e subjetivos, conhecimentos técnicos e não-técnicos, habilidade comunicativa, dentre outros atributos. Assim, expandindo a noção de competência para um conjunto de saberes e suas inter-relações, bem como a transferibilidade do conhecimento de uma área de domínio para outra, de forma coerente às especificidades das situações problema, ou aos imprevistos destacados por Zarifian (1995), chegamos à noção de *competências transversais* que, para Rey (2002), seriam um construto intencional capacitando o indivíduo a agir, se adaptar, compreender e intervir no mundo, fazendo uma gestão do conhecimento de forma reflexiva frente a sua realidade concreta e às situações diversas e adversas.

Rey (2002, p.48) reforça a ideia de que a competência revela e “é uma disposição para com a oportunidade”, ao passo que também é uma “potencialidade do sujeito”, tendo em vista que sua efetivação implica em estar atento a aspectos e perspectivas que configuram a transversalidade²⁵, de onde poderíamos depreender que tais fatores como competência, potencialidade, transversalidade, juntamente com os benefícios da PBL, inscritos no processo educativo, favorecem a construção de saberes e o próprio aprendizado de forma continuada para toda a vida.

Sobre essa potencialidade do sujeito aprendiz, no nosso caso do estudante futuro engenheiro, Wittorsky (2004) faz uma discussão sobre a construção dos processos ou

²⁵ Segundo o Dicionário Aurélio, transversalidade é a qualidade do que é transversal, ou seja, que passa, ou que está, de través ou obliquamente, de forma atravessada ou ainda colateral.

mecanismos de desenvolvimento das competências, sobre o fato de que os indivíduos fazem e constroem representações particulares sobre as situações, integrando conhecimentos *tácitos* com os *formalizados*, mobilizando-os na ação, ao passo que vão construindo suas competências, sendo estas, resultantes da articulação dos componentes cognitivo, cultural, afetivo, social e praxiológico²⁶ os quais se inscrevem em processos dinâmicos ou “lógicas de ação”.

Tais lógicas ocorreriam de algumas maneiras, como por: tateamento e tentativa e erro na ação - a lógica da ação; interação de saberes teóricos na prática - a lógica da reflexão e da ação; análise de práticas - a lógica de reflexão sobre a ação; definição antecipada de novas práticas - a lógica de reflexão para a ação; e pela integração de saberes que alimentam capacidades - a lógica da integração/assimilação (WITTORSKY, 2004, p.89).

O processamento destas lógicas através de atividades práticas possibilita mudanças no curso das próprias ações, que aliadas ao discernimento e atitude reflexiva diante de situações problema acabam por gerar conhecimentos, habilidades e atitudes. Em convergência com o pensamento de Wittorsky e Rey, Perrenoud argumenta que é através de práticas pedagógicas contemplando situações e problemas postos - ponto de partida para reflexões - que ocorreriam as transposições didáticas de onde seriam “extraídas competências ditas transversais” (PERRENOUD, 1999, p.36).

Ressalta-se que é necessária uma transformação tanto do docente quanto do discente, em uma nova relação com o saber e com o processo educativo, onde o papel do professor, condutor do processo, torna-se crucial. Assim como apontado na literatura sobre o papel do professor na abordagem da PBL, Perrenoud argumenta que cabe ao professor a análise das atividades e dos problemas propostos no processo pedagógico, a fim de criar as condições objetivas favoráveis ao desenvolvimento e à construção de conhecimentos e competências. Na aprendizagem baseada em uma abordagem por competências e na resolução de problemas como o é na PBL, requer-se do docente uma mudança no sentido de,

- Considerar seus conhecimentos como recursos a serem mobilizados bem como adotar uma menor compartimentação disciplinar, ou seja, buscar a interdisciplinaridade;
- Trabalhar regularmente por problemas bem como negociar e conduzir projetos;

²⁶ Da Filosofia: estudo das ações e da conduta humana, com o objetivo de controlá-las para que produzam resultados que beneficiem outros.

- Adotar um planejamento flexível e plano de ensino indicativo bem como improvisar;
- Adotar a metacomunicação em um novo contrato didático bem como ser capaz de gerir ambientes complexos e incertezas;
- Praticar uma avaliação formativa individualizada em situação de trabalho ao invés de uma avaliação meramente certificativa (PERRENOUD, 1999, p. 53).

Concomitantemente, o docente precisaria incentivar e orientar a experimentação, aceitar erros como fontes de regulação e progresso, valorizar a cooperação, bem como perceber a transversalidade potencial nas atividades (PERRENOUD, 1999, p. 65). Por outro lado, como já mencionado, o desenvolvimento das competências transversais e sua materialidade na construção de conhecimentos só se efetiva com a intenção e o desejo do estudante, pois é ele que atribui um sentido as situações, tornando-as significativas, assim, caberia ao estudante,

[...] implicar-se, participar de um esforço coletivo para elaborar um projeto e construir, na mesma ocasião, novas competências. Ele tem direito a ensaios e erros e é convidado a expor suas dúvidas, a explicitar seus raciocínios, a tomar consciência de suas maneiras de aprender, de memorizar e de comunicar-se (PERRENOUD, 1999, p.65).

O desenvolvimento de competências transversais está direta e indiretamente relacionado tanto ao aprendizado prático, ao pensamento reflexivo, e à autonomia, quanto ao enfrentamento de problemas cotidianos e imprevistos do exercício profissional, quando o estudante já se encontrar formado, atuando como engenheiro. E é através da interpretação e concepção de problemas e soluções - incluindo aqui regras, procedimentos, aspectos e perspectivas - que Schon (2000) chama de *design* da realidade, de problemas práticos ou de “zonas indeterminadas da prática”²⁷ profissional, que os estudantes ou profissionais selecionam “os fatos aos quais se ater e os [organizam, guiados] por uma apreciação da situação que dá a ela coerência e estabelece uma direção para a ação” (SCHON, 2000, p.16).

A tal sequência de operações, Schon (2000) chamou de *epistemologia da prática*, que significa estar atento e buscar “*conhecer na ação*” e buscar a “*reflexão na ação*”. Seria através deste percurso que utilizam-se as competências já consolidadas, constroem-se e relacionam-se outras e daí podem surgir tanto soluções técnicas ou inovações para situações-problema, quanto a construção de conhecimentos por estudantes em situações práticas. O autor ainda faz uma analogia interessante com o método de aprendizado adotado em projetos de arquitetura e em escolas de música, ou seja, com o aprendizado da performance habilidosa

²⁷ O autor refere-se a áreas de atuação profissional onde podem ocorrer a incerteza, a singularidade e conflito de valores que escapam a racionalidade técnica.

e o desenvolvimento do talento artístico dos ofícios, onde busca-se o aprendizado ativo e reflexivo a fim de se alcançar a efetividade.

À prática reflexiva a qual Schon se refere - aquela na qual o indivíduo busca conhecer e refletir ao longo da ação – revela-se e reforça-se a necessidade de uma nova disposição epistemológica, uma nova disposição desse indivíduo com o objeto de estudo, com relação ao saber, com relação à própria educação enquanto forma de construir conhecimentos, e não somente de reproduzi-los, como é a proposta da aprendizagem ativa e da PBL na educação em engenharia. Tonini (2009) nos lembra que, no processo ensino-aprendizagem, o conhecimento é produto de uma relação reflexiva,

[...] é produto de uma interação do sujeito com um determinado objeto de estudo, e esse objeto, numa primeira instância, é a própria realidade na qual ele se encontra inserido e que lhe coloca interrogações e dúvidas que, incessantemente, pedem respostas. A busca dessas respostas – que serão sempre provisórias – é o que se pode chamar de processo de construção de conhecimento (TONINI, 2009, p.46)

Essa relação com o saber pressupõe um aprender novos papéis e novas percepções e, como no construtivismo, Charlot (2000) acredita que aprender é construir-se enquanto processo de hominização, singularização e socialização; fundamentalmente, o aprender se dá na interação com os pares e na troca de significados socialmente válidos, na mobilização de saberes e na apropriação do mundo. Como argumenta Schon (2000) em sua epistemologia da prática, mobilizar saberes é “por recursos em movimento [...] é reunir suas forças, para fazer uso de si próprio como recurso” (CHARLOT, 2000, p.55); assim como Rogers (1978) também apontou que o próprio professor era um recurso do processo educativo. Esta mobilização de recursos posta em marcha pelo indivíduo em sua relação com o objeto do conhecimento e em interação com outros sujeitos, é o ponto chave do processo de apropriação de conhecimentos segundo a pedagogia crítico-social dos conteúdos (SAVIANI, 1994, p.75).

Quanto à disposição do indivíduo para mobilizar-se no processo de aprendizado, esta adviria da atribuição de significados que o estudante confere ao próprio aprendizado, fazendo uso de seus recursos, saberes prévios e sendo “guiado por desejos, sentidos e valores” (CHARLOT, 2000, p.55).

Importa-se fazer uma distinção entre *conhecimento* e *saber* no pensamento de Charlot (2000), para ele o conhecimento é resultante de uma experiência pessoal cognitiva e afetiva de apropriações de informações estando “sob a primazia da subjetividade”, experiência esta que implica investigação. Tonini (2009), por sua vez nos lembra que,

[...] produzir conhecimento é, essencialmente, investigar, uma vez que a atitude investigativa coloca o sujeito frente a um objeto desconhecido, gerando o questionamento e a possibilidade de verificação de problemas, princípios básicos da construção do conhecimento. Dialogar com a realidade talvez seja a definição mais apropriada ao exercício da pesquisa, reconhecida, em suas possibilidades práticas, como princípio científico e educativo (TONINI, 2009, p.47).

Na visão de Charlot, o *saber* é resultante desta apropriação pelo indivíduo, porém, transforma-se em saber quando posto em confronto a “outros sujeitos [e] pode, portanto, ‘entrar na ordem do objeto’, e tornar-se, ‘um produto comunicável’, uma informação disponível para outrem” (CHARLOT, 2000, p.61). Nesta teorização, a construção de saberes e o aprendizado significativo de saberes ocorrem se o que se aprende “disser algo sobre o mundo e se puder ser entendido em uma troca entre interlocutores”. O *fazer sentido* é configurado a partir do estabelecimento das relações do indivíduo com os demais e, em sentido amplo, com a sociedade e com o mundo; ou seja, faz sentido para os participantes em uma relação e, portanto, é significativo. Assim, o conhecimento se torna saber no âmbito social, se for passível de troca e validado socialmente.

A construção de saberes toma este percurso de construção social interativa e relacional, ao passo que também é o resultado de uma apropriação de saberes, e como já mencionado, dependendo da motivação, predisposição e desejo do sujeito aprendiz envolto no processo educativo. Nesta teorização o saber é uma relação e ao mesmo tempo é resultado desta relação do indivíduo com seu universo, ou seja, desta interação inscrita em relações mais amplas, relações de saber, muito além do campo escolar.

Assim como o conhecimento e os saberes são construídos na PBL de forma compartilhada, segundo esta concepção, a apropriação do saber se dá em relações sociais, como se verifica também nos processos educativos ensino-aprendizagem, e esta relação com o saber “só tem sentido e valor por referência às relações que supõe e produz com o mundo, consigo, com os outros” (CHARLOT, 2000, p.64), ou seja, na interação construída ao longo do percurso de formação.

Na teorização feita por Charlot, na prática pedagógica que leva em conta a efetiva construção do conhecimento, via experiência pessoal, e de saberes, via construção coletiva e validação social, “se o saber é relação, o processo que leva a adotar uma relação de saber com o mundo é que deve ser o objeto de uma educação intelectual e, não, a acumulação de conteúdos intelectuais” (CHARLOT, 2000, p. 64). Neste sentido, tal teorização é consoante ao prescrito na aprendizagem ativa e tem vínculo com uma educação para a vida de Dewey, e assim o é na PBL.

5 O ESTUDO DE CASO E O ARTEFATO FÍSICO

5.1 A equipe CEFAST BAJA e o contexto

O caso de estudo da presente pesquisa, como mencionado, é a equipe CEFAST BAJA e as atividades correlatas que compõem o projeto de construção de um protótipo de veículo de mesmo nome. A partir de agora nos referiremos variavelmente “à equipe”, “ao projeto CEFAST BAJA”, ao “projeto”, ou ainda ao “Baja” de forma geral uma vez que tanto a equipe e suas atividades quanto o projeto do veículo Baja são e apresentam uma unicidade constitutiva e uma totalidade intrínsecas, os quais encontram-se circunscritos no processo de aprendizagem, objeto de estudo nesta pesquisa.

A equipe foi criada em 1996 para participação na competição da SAE, organizada pela Sociedade de Engenheiros para a Mobilidade, subsidiária no Brasil da *SAE International*. Já no ano seguinte, a equipe alcançou o primeiro lugar, se destacando com os sistemas de transmissão e suspensão que construíram, o que a classificou para participar da edição internacional do ano seguinte nos Estados Unidos.

A competição anual Baja SAE Brasil é destinada aos estudantes de Engenharia que devem formar equipes representando as Instituições de Ensino Superior, às quais estejam vinculados. Trata-se de uma competição entre instituições, sendo uma relevante atividade extracurricular para estudantes de engenharia. A competição teve início no Brasil em 1995, e desde 1997 ocorrem também as competições regionais - por volta do mês setembro - intercaladas às nacionais, que ocorrem por volta de abril. Em 2016 foram 76 equipes inscritas na competição nacional e 30 na edição regional sudeste.

Como já mencionado, o que se propõe aos estudantes é o desafio de construírem um protótipo de veículo recreativo *off road*, o que traz a oportunidade de se aplicar na prática conhecimentos teóricos adquiridos. A competição promove a avaliação comparativa entre os projetos, e o objetivo maior é a preparação do futuro engenheiro para a vida profissional. Este processo envolve o estudante em um projeto real de desenvolvimento desde sua concepção, detalhamento, construção e testes, levando o estudante a desenvolver um perfil profissional

em termos de conhecimentos, habilidades e atitudes, o que torna a participação e a experiência no projeto relevantes em termos de aprendizado (SAE, 2016).

A competição em si fomenta um espírito competitivo nas equipes e dispara um processo dinâmico na busca do aprimoramento e desenvolvimento do protótipo, bem como melhorias nos vários subsistemas que compõem o veículo (SAE, 2016). Assim, atendendo às regras e especificações da competição, que em certa medida condicionam as atividades da equipe, o problema posto é o de construir um veículo melhor do que o ano anterior e em condições de almejar o pódio nas competições nacional e internacional.

5.2 As regras do jogo

5.2.1 As regras da SAE Brasil

A SAE Brasil, em seus regulamentos²⁸, define tanto as regras da competição, quanto as especificações de escopo básicas referentes ao veículo a ser construído pelas equipes. Ao todo são cinco regulamentos cobrindo os seguintes tópicos: Definições Sobre a Competição; Requisitos Gerais Sobre o Veículo; Requisitos Mínimos de Segurança; Avaliações e Pontuação; Procedimentos da Competição; além de atualizações referentes aos componentes do veículo, que são publicadas eventualmente.

Fundamentalmente, estabelece-se que o veículo deve ser projetado, desenvolvido, e construído inteiramente pelos estudantes, salvo alguns elementos que são adquiridos de fornecedores, como é o caso do próprio motor - padrão para todas as equipes - e dos amortecedores e pneus, uma vez que nem os estudantes nem as instituições possuem meios materiais de fazê-los. O veículo *off road* deve ser capaz de operar seguramente sobre terrenos acidentados, incluindo obstáculos como pedras, areia, troncos de árvore, lama, grandes

²⁸ Disponível em <http://www.saebrasil.org.br/eventos/programas_estudantis/baja2015/Regras.aspx> Acesso em dezembro de 2016.

inclinações e lâminas de água em qualquer ou todas as combinações e em qualquer condição climática, apresentando tração suficiente para vencer tais obstáculos (SAE, 2016).

Conforme o regulamento de Avaliações e Pontuação, como critérios avaliativos, há inicialmente a fase dos testes estáticos, quando a equipe deve se atentar e atender a itens como: Conforto, Segurança no Sistema de Abastecimento, além da Inspeção Técnica e de Segurança, e de Verificação de Motor, que podem ser visualizadas no ANEXO 1.

Outra fase é a avaliação do projeto através de relatório técnico – este somente na edição nacional - e apresentações orais pelos estudantes. Os relatórios consistem na apreciação técnica da engenharia propriamente dita do veículo, cobrindo as áreas técnicas de *powertrain*, suspensão e direção, freio, cálculo estrutural, eletrônica, *design*, gestão e vendas/marketing, tendo este último o intuito de apresentar o projeto do veículo a um possível investidor interessado na produção do protótipo em larga escala, considerando o custo do projeto e a otimização da relação custo-benefício.

A fase final é a dos testes dinâmicos do veículo, em pista, onde são verificados os seguintes requisitos: frenagem, *pull track* (tração), suspensão e tração, manobrabilidade, aceleração e velocidade final, além do enduro de resistência que é o teste que encerra a competição, quando o veículo é posto à prova em condições severas de uso, e deve demonstrar na prática uma performance satisfatória e a consolidação de todos os elementos anteriormente citados. Adicionalmente, a equipe é avaliada em termos de regras de conduta durante a realização da competição mantendo um clima de respeito e civilidade entre todos os participantes (SAE, 2016).

5.2.2 As regras internas – o Estatuto da Equipe CEFAST BAJA

A despeito da regulamentação da SAE Brasil sobre a competição e as especificações do veículo, há o Estatuto interno que define regras relativas ao funcionamento e às atividades da equipe CEFAST BAJA, e onde se encontram as diretrizes quanto à organização, administração e funções deliberativas. O Estatuto estabelece como finalidade fundamental o desenvolvimento de novas tecnologias, a participação em eventos e projetos de

pesquisa, além de aproximar e colocar o estudante em contato com o universo profissional e a prática real de construção de um protótipo de veículo. Ademais, o Estatuto prescreve elementos como: deveres, direitos, critérios de advertência e penalizações, exclusão, seleção, além de estabelecer as reuniões como o fórum deliberativo, dentre outras disposições gerais quanto aos membros participantes, suas funções e atribuições (ESTATUTO, 2016).

As horas dedicadas pelo estudante podem ser aproveitadas na carga horária referente às Atividades Complementares no currículo dos cursos, e para a contabilização dessas horas, o estudante deve permanecer no mínimo um ano na equipe, cumprir 20 horas semanais e ainda repassar o conhecimento adquirido aos novos integrantes antes de encerrar sua participação.

Em linhas gerais, no que tange às funções de cada membro na equipe, estão previstas as figuras de um Capitão de Equipe e um Gerente de Projetos, estes com funções deliberativas e administrativas. Basicamente, este último é o responsável pela integração das tarefas dos membros dos subsistemas técnicos, buscando a adequada execução e conformidade de escopo do projeto do veículo dentro do cronograma definido, enfim, deve supervisionar os trabalhos e fazer o acompanhamento geral da execução do projeto do veículo. Ao Capitão cabe a responsabilidade da representação institucional da equipe, respondendo por ela e liderando-a, conduzindo as reuniões gerais, sendo responsável pelo veículo em geral, cobrando e conciliando as tarefas, bem como garantindo a conformidade destas com o projeto, organizando as funções durante a competição, além de zelar pelo bem-estar da equipe e pelo cumprimento do Estatuto.

Os demais estudantes membros da equipe são distribuídos em subgrupos técnicos, os subsistemas que compõem o veículo, e suas atribuições circunscritas a tais áreas técnicas, quais sejam: Suspensão e Direção, Estrutura, Freio, *Powertrain*, Eletrônica, e *Design*. Adicionalmente, prevê-se a alocação de estudantes incumbidos das áreas administrativas e organizacionais, tais como gestão, vendas e marketing, além de um dos membros atuar como o piloto de provas do veículo, contando com eventual substitutos.

Com relação aos recursos financeiros para manutenção das atividades do projeto, está previsto que a equipe pode captar doações em dinheiro, patrocínios, parcerias, doações em materiais e serviços provenientes de entidades públicas ou privadas e associações de classe, além da venda de produtos promocionais, ingressos, e iniciativas diversas. À parte destas fontes e também do Estatuto, uma vez que não é mencionado, importa dizer sobre o apoio institucional do próprio CEFET-MG realizado através do NEAC, que fornece um

galpão para a realização das atividades e os recursos materiais para o projeto. Neste galpão funciona o escritório para a condução das atividades administrativas e de estudos pela equipe, com computadores, telefone, copiadora, armários, banheiro, mesa de reuniões, etc. Na mesma área também se encontra a oficina onde se realizam as atividades práticas com máquinas e equipamentos industriais, tais como torno mecânico, calandra, bancada de tarefas diversas, equipamento de soldagem, dentre outros.

Adicionalmente, oito estudantes são contemplados com bolsas de extensão vinculadas à Diretoria de Extensão e Desenvolvimento Comunitário. Apesar de a participação no projeto ser voluntária, e a fim de dar prosseguimento num projeto de construção coletivo, estes recursos provenientes das bolsas são repassados voluntaria e consensualmente à equipe e depositados em estabelecimento de crédito a ser gerido pelo Capitão, a fim de propiciar recursos de custeio na construção e manutenção do veículo.

Com relação à avaliação dos participantes no projeto, como o trabalho é em equipe, a avaliação individual do estudante é feita pela própria equipe, considerando o desempenho individual e, caso necessário, pelo professor orientador da equipe. Adicionalmente está previsto no Estatuto advertências e penalizações, por exemplo, caso o estudante obtenha Coeficiente de Rendimento Semestral menor que 60 pontos, fica a critério do Capitão a colocação em votação a permanência ou não daquele membro na equipe.

5.3 Os participantes: estudantes e professor orientador

Atualmente, o projeto conta com 23 estudantes das engenharias Mecânica, Elétrica, de Materiais, e de Computação, e até Administração. O grupo é heterogêneo, com membros de ambos os sexos, predominantemente masculino, com a faixa etária entre 19 e 30 anos, e em diversos períodos de seus respectivos cursos. Conforme definido no Estatuto, os membros devem passar por uma seleção realizada pelos próprios estudantes da equipe regular e estes respondem solidariamente pelas obrigações contraídas pela equipe.

O Professor Orientador, escolhido pela equipe, é obviamente pertencente ao quadro funcional efetivo da instituição, vinculado ao Departamento de Engenharia Mecânica.

Seu papel é mais de um orientador e tutor de equipe, uma vez que não há disciplina a ser ministrada como nas disciplinas tradicionais. Conforme o Estatuto, cabe ao professor o papel de elo de representação institucional da equipe junto ao CEFET-MG e à SAE nos dias da competição, além de dar suporte técnico, científico e até psicológico necessários para as atividades da equipe.

5.4 Como funciona o processo

O trabalho desenvolvido pela equipe compreende uma série de atividades bastante dinâmicas ao longo do ano e que configuram subliminarmente o processo de aprendizagem e formação. Como todo processo de trabalho, este processo educativo envolve vários elementos, dentre os quais: os participantes, estudantes, professor e especialistas; interações entre as pessoas e destas com as condições objetivas e materiais do contexto; processos de trabalho prático, pesquisas e estudos; enfrentamento de problemas; conteúdo ou conteúdos, ou seja, o próprio veículo e os conteúdos de aprendizagem disciplinares e não-disciplinares envolvidos; e pressão externa, ou seja, a própria competição, etc. Trata-se de um processo educativo complexo e, por este motivo, buscou-se sintetizar as atividades desenvolvidas, essencialmente, em: reuniões; pesquisas, estudos e os testes no veículo; atividades práticas de oficina; gestão do projeto técnico do veículo; gestão da equipe; visitas técnicas, eventos, e a própria competição, atividades as quais serão descritas a seguir.

5.4.1 As reuniões

O enfrentamento de problemas e a busca por soluções são os pontos de partida para as atividades desenvolvidas e é através da reunião que se discutem as ações da equipe.

Conduzida pelo Capitão ou pelo Professor Coordenador, esse é um dos momentos de encontro e interação onde todos têm direito à fala, à proposição de alternativas e sugestões em geral, críticas, exposição de dúvidas, e posicionamentos individuais.

A reunião é o fórum de deliberação superior e as decisões são válidas com a necessidade da presença de 2/3 da equipe e o voto da maioria simples, sendo que todos têm direito ao voto. As reuniões contemplam as discussões temáticas envolvendo problemas e assuntos de natureza técnica ou não, discorrendo sobre o enfrentamento de problemas que vão aparecendo ao longo do projeto, do desenvolvimento e da construção do veículo, ou mesmo, tratar de questões financeiras, deliberar e aprovar atividades aos membros da equipe, dentre outras pautas. Ressalta-se que a presença do professor é opcional nas reuniões devido à autonomia deliberativa da equipe.

Há também as reuniões de subsistemas, estas com um número menor de participantes, mas que seguem a mesma dinâmica, porém circunscritas às áreas técnicas pertinentes, e sem a formalidade da reunião geral, sendo que às vezes os estudantes fazem encontros informais ou mesmo discutem por via de aplicativo de mensagens no aparelho de telefone celular.

Basicamente, nas reuniões gerais ou de subsistema, os problemas ou atividades – práticas ou teóricas - que precisam ser realizados, das mais variadas naturezas e referentes às várias disciplinas que envolvem o desenvolvimento de um veículo, são apresentados, analisados e discutidos em seus aspectos técnicos ou não, verificando sua possibilidade de resolução, prazos e custos, etc. Neste momento, os estudantes discutem livremente e trocam informações a partir dos conhecimentos que têm, ao passo que também se deparam com questões que não conhecem e que se tornam objetos de pesquisa e estudos. O professor se presente, faz ponderações e pontuações nas discussões, apresentando também suas perspectivas sobre os problemas. Mas as definições de ações a serem tomadas exigem consenso na reunião.

Assim, a partir das discussões, estabelecem-se tarefas – individuais ou para pequenos grupos de trabalho - a serem feitas sobre os tópicos envolvidos nos problemas ou às lacunas em termos de informações e conhecimentos que se identificaram nas discussões, ou seja, é basicamente na reunião que se disparam todas as ações da equipe.

5.4.2 As pesquisas, estudos e testes

As pesquisas e estudos teóricos relativos aos problemas enfrentados, e à lacuna de conhecimentos são realizadas individualmente – não necessariamente - em livros, na internet, por meio de consulta a professores e também à ex-integrantes e especialistas pela experiência adquirida. Posteriormente, nas reuniões seguintes – dependendo da celeridade entre pesquisa, análise e proposição de solução - o estudante apresenta o resultado de tais buscas ou, ainda, a resolução ocorre no intervalo das reuniões, e o estudante somente reporta que tal pesquisa ou atividade já tenha sido realizada.

Os estudos promovem o aprofundamento de conhecimentos em tópicos diversos até então não dominados pelos estudantes, promovendo assim a agregação de novos saberes ao passo que, neste mesmo percurso investigativo – prática de pesquisa - o estudante evoca seus conhecimentos prévios. Ocorre também nesta dimensão estudos sobre *softwares* específicos de engenharia, tais como *Solidworks*, *Ansys*, *Comsol*, *Matlab*, *Adams*, etc, ferramentas computacionais utilizadas correntemente nessa área e que permitem a manipulação de dados, simulações, projeções de dados e de imagens em 3D, dentre outras operações.

Outro modo de ampliar e promover a troca de conhecimentos sobre o veículo é através dos seminários técnicos – seções dialógicas com apresentação de tópicos, elementos e componentes do veículo a serem discutidos – onde, eventualmente, com a presença de ex-participantes da equipe e professores convidados, pode-se buscar o esclarecimento de dúvidas, e o aprimoramento de detalhes técnicos no veículo.

Com relação às atividades de teste, ao longo da construção do veículo e previamente à competição os estudantes realizam diversos testes tanto em componentes constitutivos do veículo, quanto no próprio veículo – alguns assistidos por *telemetria* - além de testes e treino de piloto, configurando também momentos de pesquisa, estudos, aprofundamento, ajustes no projeto e aprendizado. Os testes no veículo são testes técnicos de validação – padronizados e normatizados teoricamente - relativos aos subsistemas, tais como: rigidez torcional, vibração do chassi, visibilidade e ruído, teste de parâmetros da suspensão

(cambagem, bitolas, esterçamento, etc.), capacidade trativa, *coast down*²⁹, teste em dinamômetro de bancada e rolo, teste de freios *fading*³⁰, centro de gravidade, *skid pad*³¹, rigidez vertical do pneu e amortecedor, aceleração e velocidade final, testes de resistência de peças fabricadas, além de testes nas soldas realizadas, telemetrias, dentre outros. Também são realizados testes simulados semelhantes aos da competição para a verificação de desempenho do veículo em condições reais, bem como ajustes técnicos, garantindo a adequada interação entre os subsistemas. Quanto ao teste de piloto, este constitui tanto uma fase da seleção de piloto e de seus substitutos, quanto o treinamento do piloto e sua interação com o veículo, habilitando-o a operá-lo em simulações do enduro.

Todos os estudos, pesquisas, e testes realizados são fundamentais para a construção de um veículo robusto e de alto desempenho, como também compõem os relatórios técnicos que são entregues e apresentados oralmente à época da competição. Estes relatórios representam tanto o trabalho teórico-científico e de validação do veículo, quanto os processos de trabalho prático utilizados no desenvolvimento e construção dos subsistemas, ou seja, representam a atividade fundante da profissão do engenheiro.

5.4.3 As práticas de oficina

As práticas de oficina englobam atividades de fabricação de peças, montagem e manutenção – ações de ajustes e prevenção - no próprio veículo e exigem o manuseio de ferramentas diversas, equipamentos e instrumentos de medição, e máquinas de uso industrial, tais como: torno mecânico, máquina de solda, calandra, furadeira de bancada, esmeriladora, prensa, guilhotina, mesa de gabarito, balança, acelerômetro, célula de carga, multímetro, *protoboard* e arduíno³², etc. Considerando as operações envolvidas, estas também são muitas, tais como: cortar metais, dobrar, usinar, montar, soldar, laminar, calibrar, dentre outras

²⁹ Teste realizado em rua plana para calcular todas as resistências oferecidas à um veículo em movimento.

³⁰ Teste de fadiga realizado no sistema de freios e seus componentes.

³¹ Teste de estabilidade e aceleração lateral do veículo.

³² *Protoboard* – placa para teste de circuitos eletro-eletrônicos; arduíno – placa de desenvolvimento e prototipagem de circuitos ligada a um microcontrolador.

operações referentes às diversas tarefas. Estas práticas são executadas de maneira autônoma pelos próprios estudantes na maioria das vezes, visto que não há um monitor para estas atividades, entretanto, também em vários momentos, estudantes são instruídos pelos seus pares mais experientes em *workshops* ou envolvidos em trabalhos colaborativos em equipe.

5.4.4 A gestão do projeto técnico do veículo

Considera-se que a gestão do projeto técnico do veículo se integra ao projeto da equipe CEFAST BAJA e suas atividades, este muito maior. Por motivos analíticos da pesquisa, buscou-se dissociar as atividades de gestão do projeto técnico do veículo das atividades de gestão da equipe CEFAST BAJA; entretanto, é notório que ambas formam uma totalidade indissociável.

Como visto na Seção 4.6, fazer a gestão de um projeto técnico é fazer o gerenciamento da execução propriamente dita do projeto do veículo, e envolve uma série de subprocessos ou subatividades correlacionadas, trata-se de uma área da ciência administrativa e consiste num esforço em conduzir e organizar as atividades de modo a alcançar da forma mais adequada a finalização do protótipo. O processo envolve o planejamento, monitoramento e controle da execução, a alocação de recursos, além, obviamente, da aplicação de conhecimentos, técnicas e habilidades pessoais em sua execução. Fazer o gerenciamento de um projeto pode ser um grande desafio, uma vez que o número de entregas, ou subprodutos, a serem integralizados pode ser elevado. Visa-se fundamentalmente o aprimoramento contínuo do projeto técnico do veículo, e para tanto, faz-se o uso de ferramentas de gestão da qualidade e métodos de trabalho, como a metodologia 5S, a Casa da Qualidade, a documentação de processos, dentre outros. Tal atividade, conduzida pelo Gerente de Projeto, mas em conjunto com a equipe consiste exatamente em buscar a coordenação e integração de todas as partes de um todo, de modo a entregar ao final de um período um resultado com certas especificações e restrições – de prazo, qualidade, custo - no caso, um veículo para competição.

Resumidamente, as fases de um projeto técnico consistem em,

- Iniciação - quando a necessidade e o objetivo são identificados, bem como são especificados os requisitos a serem alcançados no veículo, ou seja, seu escopo;

- planejamento - quando são traçadas as estratégias, os estudos e os planos de ação auxiliares são detalhados, bem como é definido o cronograma, a Estrutura Analítica do Projeto cobrindo as entregas por subprodutos do projeto, os recursos materiais e humanos, os custos, a qualidade a ser alcançada, os riscos, e questões de comunicação externa e interna com registro de ocorrências e documentação;
- execução – quando ocorre a materialização dos planos de forma integrada através das atividades práticas em oficina;
- monitoramento e controle - estas atividades sistemáticas ocorrem ao longo de todo o processo e é por meio delas que se propõe ajustes necessários e preventivos assegurando o alcance do escopo inicial. É importante ressaltar a vinculação desta fase com as reuniões, quando a equipe busca exatamente a reflexão, ajustes e acertos no rumo do projeto;
- finalização – esta fase consolida o trabalho e a entrega do veículo para participação na competição, ocasião quando ocorre a avaliação externa de todo o processo de desenvolvimento e construção (PMBOK, 2004).

A despeito desta tentativa de planificação de um trabalho e da execução do projeto, este processo está sujeito a imprevistos e problemas de toda ordem, como a quebra de peças, atrasos de fornecedores, erros e tentativas de execução de tarefas pelos estudantes, o que põe à prova a capacidade da equipe de reformular e reelaborar suas ações, tornando o gerenciamento do projeto técnico um processo contínuo.

5.4.5 A gestão da equipe

As atividades de gestão da equipe como um todo, que são conduzidas pelo Capitão – mas este sempre com o aval da equipe - consistem em assegurar a administração geral e o funcionamento da equipe em termos de pessoal, de recursos materiais e em termos operacionais. Incluem-se aqui: a gestão de pessoas e o processo de seleção; a gestão dos recursos financeiros da equipe; a gestão da comunicação, bem como a representação da equipe perante a instituição, aos patrocinadores e à participação em eventos.

Em geral, a equipe busca incorporar ferramentas de gestão e qualidade largamente utilizadas no mundo corporativo/organizacional e que futuros engenheiros terão obviamente que saber lidar ou conduzir, tais como: gestão à vista³³, dinâmicas de grupo, bem como

³³ Gestão à base de um sistema que possibilite que os principais itens de controle estejam em fácil acesso a toda a equipe, seja através de gráficos, dados, informações gerenciais que permitam uma rápida e fácil visualização e interpretação dos mesmos. Disponível em <<https://bloggestor.wordpress.com/2007/11/25/dicionario-de-gestao-letra-g/>> Acesso em janeiro de 2017.

*workshops, brainstorm*s e pesquisa de mercado, prospectando demandas relativas aos veículos *off road*.

Após as competições, visando uma melhor gestão da equipe, procede-se a uma reunião de avaliação da equipe e do projeto contemplando a atuação dos estudantes, do desempenho nas apresentações técnicas, do teor técnico dos relatórios produzidos, do aprendizado com os erros, e da performance do veículo nas provas incluindo suas falhas e deficiências. Ou seja, uma avaliação geral do desempenho da equipe, sendo este o momento em que busca-se as correções e a melhoria contínua do projeto como um todo aprimorando as atividades e buscando uma integração ótima dos recursos, da gestão do tempo, das pessoas e do conhecimento.

5.4.6 As visitas técnicas e eventos

Ao longo do ano a equipe tanto recebe quanto faz visitas técnicas, e em tais ocasiões visa-se: à apresentação do projeto do veículo; à divulgação da competição, promoção da engenharia e exposição do protótipo; e, fundamentalmente, busca-se a troca de informações e conhecimentos, o contato com o mundo do trabalho e a prática profissional.

Ressalta-se a participação em simpósios como o 9º Simpósio SAE Brasil de Motores, Lubrificantes e Transmissões, realizado em maio de 2015 na Universidade de Itaúna/MG, cujo tema foi o Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, evento este que contou com a participação de especialistas em desenvolvimento de produtos da indústria automotiva. Ainda que de caráter mais corporativo, outro evento importante e que contou com a presença de representantes de montadoras, engenheiros e estudantes, foi o 6º Fórum SAE Brasil de *OffRoad* em 2014, realizado em Sete Lagoas/MG, quando a convite da SAE, a equipe apresentou o projeto do seu protótipo; ressaltando a excelente oportunidade de agregação de conhecimentos que a competição proporciona aos estudantes, na ocasião, houve ainda a visita técnica à pista de testes da Iveco/FIAT, indústria de caminhões, retroescavadeiras e também de veículos militares.

Eventualmente, a equipe convida profissionais especialistas em diversas áreas para discorrer em mini-palestras sobre assuntos diversos que proporcionem o aprimoramento da equipe, das quais podemos citar: a palestra de um Gerente de Vendas da Ford Pisa sobre liderança e gestão de pessoas; uma palestra com profissional sobre o uso da metodologia 5S; e uma palestra com especialista em apresentação em público e marca pessoal.

Ressalta-se a visita de ex-integrantes da equipe, chamados ex-bajeiros, que eventualmente atuam como colaboradores externos, atuando como orientadores e consultores experientes, uma vez que atualmente já atuam como profissionais em suas áreas de formação e muito contribuem para a equipe, dada a experiência adquirida, na transmissão de *know-how* e questionamentos sobre o estágio atual de desenvolvimento do veículo. Estes momentos de troca de informações mostram-se de grande importância na orientação do projeto, e assim como o papel do Professor Orientador, são momentos de interface com o mundo do trabalho e com as práticas profissionais do engenheiro.

Destacam-se ainda: visita técnica na Qualitec – patrocinador - incluindo a demonstração de testes de solda; a participação em encontro de “bajeiros” como o *BH Baja Meeting*, que reuniu várias equipes de competição; assessoria organizacional com especialistas pela Innova CEFET-MG, dentre outras.

Ademais, a equipe faz visitas e apresentações do projeto: para escolas - públicas e privadas - para divulgação da engenharia, do projeto e da competição; para patrocinadores em potencial; e para representar o próprio CEFET-MG, como no Dia da Integração realizado na abertura do semestre letivo aos calouros, bem como na Semana Nacional de Ciência e Tecnologia, realizada em outubro de 2016, promovida pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, Inovações e Comunicações, momentos estes em que o veículo é exposto e os estudantes precisam estar aptos a apresentar o projeto técnico aos interessados.

5.4.7 A participação na competição

A *competição* é o ponto culminante de todo o processo de desenvolvimento do veículo, das atividades da equipe, e é também o momento onde se apresenta o resultado do

trabalho, sendo este posto à prova e avaliado externamente. Assim como as atividades relacionadas anteriormente, a competição requer uma grande preparação, envolvendo toda a logística, as operações, a preparação do espírito e da motivação dos estudantes, do relatório e das apresentações técnicas, e do próprio veículo que será inspecionado por juízes.

A competição carrega em si o momento de maior envolvimento e emoção por parte dos estudantes, uma vez que eles vão ver e “sentir” o carro funcionando, e competirão com outras instituições. O contato com outras equipes e seus veículos é também um momento de troca de informações; obviamente, os detalhes técnicos da construção do veículo são tratados como sigilo, pois as equipes são concorrentes, mas é possível sondar os membros das outras equipes, fazer avaliação visual dos veículos, fazer registros fotográficos, além de o estudante futuro engenheiro poder construir uma rede de relacionamentos para sua vida profissional, um *networking*.

Importa dizer que, durante as inspeções técnicas dos juízes, podem ser identificadas inconformidades com o regulamento, e é dado um prazo para a equipe sanar tal item, momentos estes chamados de “janelas” ou de *re-check*, quando a equipe volta ao box-oficina para atividades práticas emergenciais. Durante a prova de enduro também podem ocorrer problemas técnicos, operacionais da equipe e imprevistos de toda ordem - como eventuais paradas, interrupções, e quebra de peças - quando a equipe deve enfrentar os problemas e buscar soluções no decorrer da prova, tentando fazer o maior número de voltas no circuito, pois se trata de uma prova de resistência que dura quatro horas na edição nacional, e três na regional.

Apesar de a competição ser um fato pontual, as atividades da equipe não param, pois o projeto e suas atividades encontram-se circunscritos num ciclo dinâmico, e logo após a competição, já se iniciam os ajustes ou a projeção do novo veículo para a competição seguinte.

5.5 O artefato físico: o protótipo do veículo

Nesta seção faremos uma apreciação do protótipo do veículo CEFAST BAJA, a fim de contribuir para o entendimento de que ele constitui uma fonte de evidências do

processo de aprendizagem, pois artefatos incorporam e representam aspectos técnicos, bem como encerram conhecimentos agregados tanto em seu desenvolvimento, quanto no processo de construção. No caso de veículos, Bosch (2005, p.5) nos lembra que o “desenvolvimento do automóvel também é um documentário impressionante sobre as inovações tecnológicas” provenientes de conhecimentos de diversas áreas, e o projeto deste protótipo não é um projeto simples, não se trata simplesmente de montar um veículo, exige um conhecimento mais aprofundado de diversos tópicos.

Mas como compreender o protótipo do veículo nesta perspectiva?

FIGURA 1 – Protótipo do Veículo CEFAST BAJA



FONTE: Equipe CEFAST BAJA, 2016.

Para a maioria dos indivíduos comuns e leigos na área técnica da engenharia, especialmente mecânica e automotiva, quando vêem um veículo conforme se apresenta na FIGURA 1, percebem o que a imagem lhes diz à primeira vista, e o que tem do conceito também comum do que é um veículo, este consistindo em uma máquina motorizada, com

quatro rodas e um volante, como apontado por um dos próprios estudantes do projeto, ao afirmar o seu nível inicial de conhecimentos sobre veículos,

[...] eu entrei na Suspensão e Direção, eu não sabia absolutamente nada...nenhum tipo de geometria de suspensão, pensava que era só questão de colocar a mola ali e acabou, direção só colocar o volante ali e acabou...entendia...só aquilo que eu imaginava...nenhuma noção deste universo, do que seria um carro, todos os detalhes...se eu fosse me dar uma nota, eu daria 0,5 de zero a dez (Estudante 13).

Assim, o leigo vê a aparência e percebe apenas suas funções básicas, porém não enxerga no primeiro olhar o trabalho, os estudos e as técnicas que estão por trás, subjacentes ao objeto.

Por isso, julgamos importante descrever primeiramente o protótipo em seus componentes constitutivos, para num segundo momento enfatizar os conhecimentos integrados neste artefato.

Basicamente, um veículo automotivo terrestre é qualquer máquina ou artefato dotado de “sua própria energia de propulsão e pode ser conduzido numa determinada direção” (PUGLIESI, 1976, p. XI), ou seja, tem um motor próprio sendo capaz de se mover em virtude da propulsão ali produzida e, obviamente, apresenta um certo número de controles ao alcance do condutor. A engenharia de veículos é um ramo da engenharia mecânica que compreende a aplicação de ciências de base como a Física e a Matemática, bem como várias ciências aplicadas como a própria Engenharia Mecânica, a Elétrica, de Materiais, Engenharia da Computação, Engenharia de Produtos/Design e de Segurança, dentre outras.

O protótipo CEFAST BAJA não é diferente, podemos considerá-lo um sistema que compreende seis subsistemas técnicos: *Powertrain*, Freio, Direção e Suspensão, Eletrônica, Estrutura, e *Design*. Vejamos a seguir um resumo descritivo destes subsistemas no veículo e seus principais componentes:

- *Powertrain* – é o conjunto de componentes que realizam o trabalho mecânico do veículo colocando-o em movimento. Fundamentalmente, o motor movido à combustão é a fonte de energia, pois converte a queima do combustível em trabalho mecânico (BOSCH, 2005). Compõe este subsistema: os eixos e semieixos, o sistema de transmissão, rodas, a admissão, refrigeração e escapamento;
- Freio – aparato de componentes do veículo “cuja finalidade é reduzir ou manter sua velocidade, levá-lo à imobilidade ou mantê-lo imóvel” (BOSCH, 2005, p.792), ou seja, sua função principal é frear o veículo com segurança. O sistema de freio suporta

o peso do veículo e as forças físicas que atuam sobre ele. Depende de vários componentes como o pedal, discos, pastilhas, pinças, linha de freio, óleos, etc.;

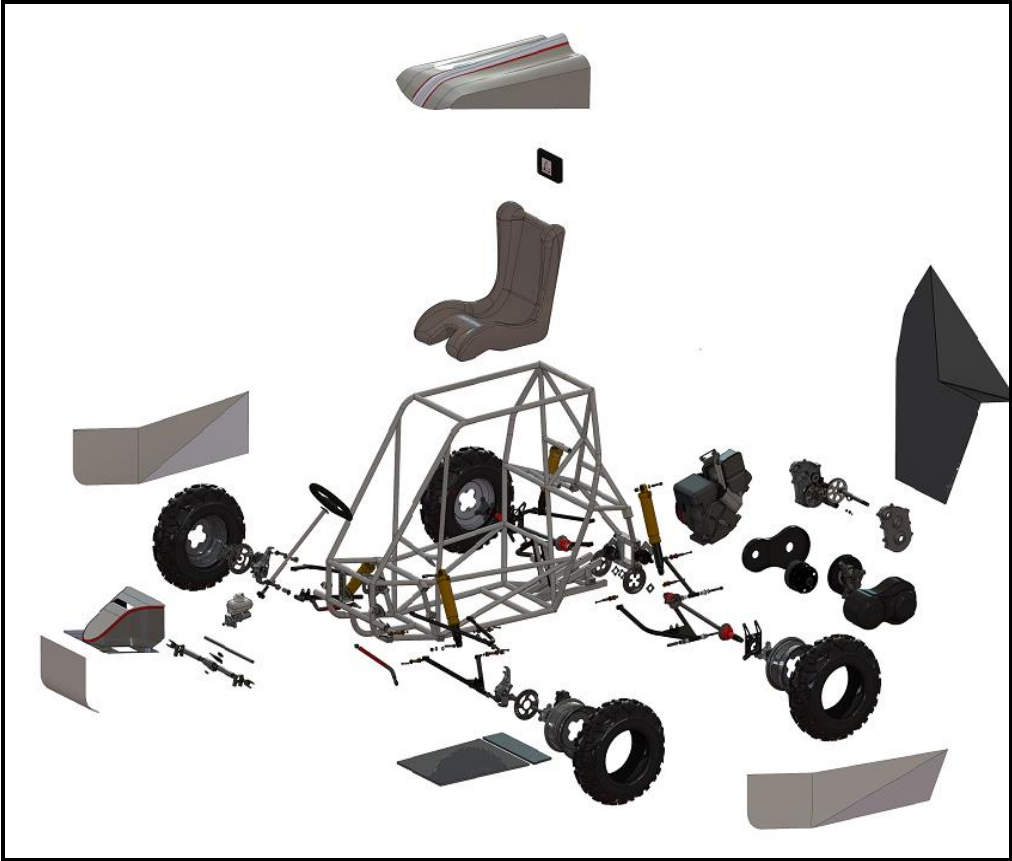
- Direção e Suspensão – a suspensão é um conjunto de componentes que adequa e absorve a transmissão de energia proveniente do solo e recebida pelo veículo, ou seja, “estabelece a conexão entre a carroceria do veículo e as rodas com os pneus e, essencialmente, possibilita o movimento vertical da roda para compensar as irregularidades da pista de rolamento” (BOSCH, 2005, p.764) buscando manter o veículo estável. O sistema de direção permite alterar a angulação das rodas através de um sistema que começa no volante, passa pela barra de direção, cremalheira, pinhão e finalmente altera a direção em curvas e manobras (PUGLIESI, 1976);
- Eletrônica – a parte elétrica em veículos engloba componentes eletroeletrônicos alimentados por um acumulador de energia (BOSCH, 2005, p.960). No veículo Baja a parte elétrica consiste no sistema de *mata-motor*³⁴ e luz de freio cabeados por *chicote*³⁵ ligando-os à bateria como fonte de energia. Já a parte eletrônica é uma área mais sofisticada cuidando efetivamente de sensores embarcados no veículo para monitoramento de dados sobre a performance do veículo;
- Estrutura – em linhas gerais, é o artefato de material rígido – o *Chassi* - geralmente em aço, que dá suporte para todos os outros componentes e elementos do veículo, ou seja, sustenta os subsistemas embarcados. Tal subsistema engloba o estudo das propriedades estáticas, e dinâmicas, a concepção da forma, aerodinâmica, materiais, resistências, e cálculos matemáticos (BOSCH, 2005);
- *Design* – é um subsistema que engloba toda a concepção do protótipo entendida como a interação do condutor com o veículo, contemplando aspectos ergonômicos, a aparência e configuração estética, controles, itens de conforto e segurança, performance, dentre outros (SAE BRASIL, 2016).

Com o propósito de visualizar os subsistemas em sobreposição, consideremos a FIGURA 2 e o QUADRO 8, a seguir, que apresenta a Ficha Técnica do Protótipo.

³⁴ Dispositivo de segurança destinado a interromper o funcionamento do motor, paralisando o veículo.

³⁵ Chicote é a denominação vulgar dada ao conjunto de cabos e fiação do sistema elétrico que transportam energia a sensores e componentes em um veículo.

FIGURA 2 – Protótipo do Veículo CEFAST BAJA em vista expandida



Fonte: Equipe CEFAST BAJA, 2016.

QUADRO 8 – Ficha técnica do Protótipo CEFAST BAJA

Especificações	
Dimensões	comprimento 2,0 m; largura 1,3 m; altura 1,45 m
Performance obtida em simulação	Velocidade máxima 56km/h, Aceleração 30 metros/3,96s
Motor	Briggs & Stratton 10 HP - monocilindro, 4 tempos, refrigerado a ar, volume deslocado 305 cc, taxa de compressão 8:1
Potência máxima	7,1 kW @ 3800 rpm; Torque máximo: 18.5 N.m @ 2700 rpm.
Transmissão	Transmissão automática CVT (Continuous Variable Transmission); caixa de transmissão por engrenagens desenvolvimento próprio
Freios	A disco nas 4 rodas com circuitos hidráulicos independentes para dianteira e traseira.
Direção	Tipo mecânica, sistema pinhão/cremalheira.
Suspensão	Dianteira e traseira em Duplo A braço triangular
Eletrônica	Monitoramento por telemetria e gravação dos dados para posterior consulta; sistema de luz de freio independente; farol de LED; chave de emergência/matamotor. Bateria tipo lítio polímero
Carroceria	Fibra de vidro
Chassi	Tubular Aço 4130

Fonte: Equipe CEFAST BAJA/CEFETIMG

Considerando os saberes requeridos no desenvolvimento do protótipo, no QUADRO 9, apresenta-se um resumo das principais disciplinas e tópicos de estudos envolvidos no desenvolvimento do protótipo.

QUADRO 9 – Resumo disciplinas e tópicos de estudo por Subsistema

Subsistema	Disciplinas e ou Tópicos de Estudos
Powertrain	Física: Termodinâmica, Estática, Dinâmica; Matemática: Cálculo, Métodos Numéricos Computacionais; Mecânica: Desenho Técnico, Ciência dos Materiais, Materiais de Construção, Metrologia, Resistência de Materiais, Usinagem, Mecânica Aplicada, Elementos de Máquinas, Mecânica de Fluidos, Motores, Gestão da Manutenção, Projeto de Máquinas, Tribologia, Dinâmica Veicular Longitudinal e Lateral,...
	Softwares: Matlab + Simulink, Solid, Ansys, Femap, Autocad, Comsol
Estrutura	Mecânica: Mecânica de Fluidos, Estática, Dinâmica, Elementos de Máquinas, Resistência de Materiais, Mecânica Aplicada, Dinâmica, Materiais de Construção, Ciência dos Materiais, Vibrações, Desenho, Metrologia, Processos de Fabricação, Soldagem,...; Matemática: Cálculo, Métodos Numéricos Computacionais, Método dos Elementos Finitos,...
	Softwares: Solid, Ansys, Femap, Autocad
Freio	Dinâmica Longitudinal, Dinâmica de Frenagem, Sistemas Hidráulicos, Tribologia, Metrologia, Ciência dos Materiais, Mecânica Aplicada,...
	Softwares: Matlab, Solid, Ansys, Excel
Design	Desenho, Ciência de Materiais, Materiais de Construção, Metrologia, Processos de Fabricação, Ergonomia, Segurança, Aerodinâmica...
	Softwares: Solid, Autocad, Comsol, CATIA
Direção e Suspensão	Cálculo, Desenho, Dinâmica, Metrologia, Elementos de Máquinas, Dinâmica Veicular, Dinâmica, Ergonomia, Vibrações,...
	Softwares: Solid, Ansys, Adams Car, Suspension Sim, Matlab
Eletrônica	Cálculo, Programação de Computadores, Laboratório de Programação, Representação Gráfica, Metodologia de Projetos, Física, Materiais Elétricos, Circuitos Elétricos, Sistemas Digitais, Dispositivos e Circuitos Eletrônicos, Sistemas Microprocessados, Irradiação e Ondas Guiadas, Eletrônica Geral, Sistemas de Comunicação, Instrumentação Eletrônica, Sistemas Controlados por Computador, Transmissão e Recepção de Sinais,...
	Software Matlab, Solid, Altium Designer, Arduino, Labview, XCTU
Outros	Normalizações Gerais em Engenharia, todos os testes de validação de cada Subsistema, Excel, ...

Fonte: elaborado a partir de BOSCH(2005), pelas grades curriculares e em consulta com a equipe durante pesquisa de campo.

Todas estas “engenharias”, seus estudos prévios, validações via testes teóricos e físicos, bem como os processos produtivos precisam ser desenvolvidos e estar organicamente integrados, de forma a garantir a harmonia entre os múltiplos componentes e assegurar, ainda, que as funcionalidades respondam ao planejado no escopo do projeto do protótipo.

Além dos saberes da engenharia, o veículo agrega e incorpora saberes da área de gestão, como já mencionado anteriormente: administração geral, gerenciamento de projetos, métodos e ferramentas de controle de qualidade, tais como PDCA, Casa da Qualidade,

Kaizen, 5S, Modo de Falha e Análise de Efeitos (FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis*)³⁷, dentre outros.

Fundamentalmente, os subsistemas encerram saberes disciplinares e abrangem diversas áreas de conhecimento; assim, buscou-se brevemente inventariá-las no QUADRO 9, pois a lista de saberes requeridos para se produzir um veículo é obviamente bem mais extensa. Adicionalmente há a agregação de saberes não-técnicos, estes subjacentes ao longo de todo o percurso de fabricação, como a comunicação interpessoal, o trabalho em equipe, a negociação, dentre outros.

No caso do protótipo CEFAST BAJA, além das referências já apontadas e dos regulamentos da SAE Brasil, este materializa sobremaneira o esforço de melhorias e aprendizado de estudantes a cada ano, e tal processo e experiência de aprendizado levaria a considerar: a mobilização, integração e a formação de saberes; o aprendizado prático, representando operações de trabalho; o enfrentamento de problemas; a interação e o trabalho coletivo; a corresponsabilidade; a autonomia; bem como o pensamento e o desenvolvimento de uma postura reflexiva, crítica e criativa pelos estudantes, dentre outros fatores que serão apontados no Capítulo 6.

Assim, a descrição do protótipo do veículo e a visão desmembrada de seus subsistemas, demonstrados como fonte de evidência empírica, buscaram ratificar que o veículo representa e carrega em si a integração de subsistemas técnicos, bem como incorpora o esforço do trabalho prático e teórico materializados no próprio veículo. Representa, em última instância, a consolidação de saberes – aqueles prévios e os em formação - ainda que o processo de aprimoramento do estudante não cesse, ou se encerre no veículo.

³⁷ Segundo Bosch (2005, p.206) trata-se de um quadro de mapeamento considerando os “procedimento de redução de custos e prevenção de riscos” quanto ao produto ou processo.

6 O PROCESSO DE APRENDIZAGEM, FORMAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE SABERES DO ENGENHEIRO – ANÁLISE DOS RESULTADOS DE PESQUISA

Neste capítulo apresentamos as análises a partir da aplicação dos instrumentos de pesquisa de campo no estudo de caso. Como descrito no Tratamento de Dados visto no Capítulo Método, as análises incorporam e tratam das categorias e subcategorias ou variáveis de análise consolidadas e baseadas no QUADRO 10.

QUADRO 10 – Categorias de Análise

Categorias	Subcategorias
Saber Fazer - Habilidades	a ação; o saber prático; a técnica.
Saber Pensar - Conhecimentos	pensar reflexivo-crítico-técnico; pesquisa e investigação; planejar/projetar; conhecimento/prévio e potencial.
Saber Ser e Agir - Atitudes	trabalho em equipe; relação interpessoal, comunicação e interação; adaptabilidade à mudanças; autonomia, liberdade; motivação/interesse, curiosidade, emoção e prazer.
A experiência de aprendizagem	problema; a reunião/interação/trabalho em equipe; integração teoria e prática; experimentação, aperfeiçoamento contínuo; aprendizado/aprender a aprender; o papel do professor; apoio institucional.

Fonte: elaboração própria a partir das entrevistas.

Importa lembrar que as fontes de dados – entrevistas, observações de campo e eventualmente a menção ao artefato físico – subsidiam o texto destas análises de conteúdo temático que se encontram organizadas em um formato de blocos de análise textual, segmentados pelas categorias de análise escolhidas como conceitos-chave, ao passo que discorreremos sobre as subcategorias ou unidades de significação pertinentes no interior destes blocos. Passemos, então, às categorias de análise, uma vez que estas configuram a experiência e consubstanciam os objetivos da pesquisa visando a compreensão do objeto de estudo.

6.1 Saber Fazer - Habilidades

O *saber fazer* é a categoria de análise fundamental nesta pesquisa, uma vez que, para compreensão do projeto CEFAST BAJA, partiu-se do pressuposto teórico da aprendizagem ativa, esta representando o princípio do aprender pelo fazer, o que implica fazer uso da ação pelos participantes em processos educativos, como visto no Capítulo 3.

Mas o que é o fazer? É realizar e “dar existência ou forma a” algo (FERREIRA, 1986, p.763), trata-se de produzir, construir, criar ou mesmo modificar e transformar algo e, em se tratando do trabalho de um engenheiro aprendiz, este pode ir do projeto à construção, desde produzir um simples componente de fixação, um parafuso por exemplo, passando pela montagem de um sensor acoplado a um painel de controle, até um veículo completo, com todos os seus elementos e complexidade.

O fazer envolve ações e a execução de tarefas, ou seja, a operacionalização de uma atividade, mas o importante não é simplesmente fazer e sim *saber fazer* e pôr em ação - em marcha - recursos adequados a fim de se alcançar um feito, um efeito, um resultado. O saber fazer além de possibilitar a vinculação da teoria com a prática, configura o saber prático e as *habilidades* em se fazer algo pelos indivíduos, o que em última instância configura a técnica; esta, segundo Pinto (2005), consubstanciaria o resultado de um processo evolutivo de trabalho, racional, e planejado de produção material pelo homem, revelando-se na prática do fazer e no enfrentamento dos problemas.

Na oficina onde se desenvolve o protótipo do veículo o que não falta é o enfrentamento de problemas, e de atividades e operações a serem executadas - as ações - chamadas de *chão de fábrica*, operações em máquinas, instrumentos de medição, equipamentos, com ferramentas, ou mesmo aquele trabalho que envolve o uso de *softwares*, ferramentas computacionais, para trabalhos de simulação e projeção.

O trabalho e as habilidades do fazer, ou seja, necessários aos “afazeres” podem ser simples, como a fixação de um capô no chassi, ou complexos, como fazer os cálculos de dimensionamento e de fadiga da *caixa de redução*³⁸. Fazer não é somente o trabalho de

³⁸ Equipamento ou mecanismo composto por engrenagens e responsável por reduzir a velocidade do movimento de rotação do motor para que seja transferido aos eixos de tração. Fonte: <https://www.robocore.net>.

oficina da fase de construção, se inicia com a concepção do veículo, como aponta um dos estudantes ao se referir ao desenho e à pesquisa e prospecção de expectativas de consumidores quanto à um veículo *off road*, fase preliminar à construção do protótipo,

[...] começando o projeto, a gente assumiu desde fazer a pesquisa de mercado, ajudei bastante o E15 a desenhar os primeiros chassis, com as primeiras ideias, depois fomos aperfeiçoando [...] na construção não tinha nada definido de tarefas separadas, então, sempre ajudei (E9).

Esta fase de projeto técnico do veículo é aquela onde se conceitualiza e se especifica o escopo do projeto; trata-se de uma fase com menos atividades práticas de oficina e tem um caráter mais teórico, com projeções, simulações, o que nem por isso deixam de ser uma fase com diversos afazeres, e o fazer colaborativo na construção das especificações do protótipo. Foi possível verificar pela observação de campo ao longo do ano o grande empenho, envolvimento físico e presencial, no desenvolvimento das atividades, como declarado por um dos estudantes,

Eu participei de tudo, de fabricação de tudo, a maioria das bocas de lobo³⁹ [...] os tubos para fazer o chassi, os *legs*, aqueles dois v's que seguram a roda, os encaixes de cada um, do chassi aquela estrutura toda, ajudei a fazer [...] o colega E14 soldou a gaiola, ajudei ele a soldar [...] usei muitas peças, e no freio, o freio é mais montagem, eu que projetei a linha de freio. Aprimorar [...] é parte de projeto, na parte de construção você só fabrica, faz, tentei fazer, fabricar da forma melhor possível (E5).

E no depoimento de outro estudante,

[...] eu contribui muito na parte de cortar e dobrar tubo e montar, e fazer a gaiola, eu ajudei na parte de fazer os gabaritos, furei, parafusei milhões dos bloquinhos de *mdf*⁴⁰ [...] foi nesta época que eu aprendi a mexer no torno, porque tive que fazer umas pecinhas de poliuretano. Para os *legs*, a estrutura eu tive que fazer o gabarito, cortar o tubo, dobrar, e montar para a solda, mas a equipe toda ajudou e depois a montagem, pôr as peças no lugar, lubrificar, montar, no torno eu tive que fazer bastante coisas (E2).

Como vimos, o fazer prático em oficina envolve métodos de fabricação, modelagem e o manuseio de materiais, máquinas e equipamentos. Apesar de os estudantes estarem alocados formalmente em subsistemas técnicos, não há restrição de um estudante ajudar e trabalhar em outras atividades que não as do subsistema em que atua originalmente, como percebe-se na fala de um ex-integrante,

³⁹ Denominação vulgar dada ao corte feito em tubos metálicos para posterior junção via soldagem.

⁴⁰ *Medium-Density Fiberboard*, ou seja, placa composta de fibra de madeira de média densidade.

[...] fazíamos de tudo, então, não tinha essa divisão de subsistema, tinha menos pessoas, éramos 7 e fazia de tudo, eu era do *powertrain* sim, mas se precisasse mexer no carro inteiro, eu mexia [...](E14).

E no depoimento de outro ex-integrante, que atuou no subsistema Suspensão, na Estrutura e na soldagem, em 2007, quando participou de seu último veículo,

[...] eu ajudei a fazer a suspensão dianteira, fazer! [...] a suspensão traseira toda, todas as peças, ajudei a dobrar, pintar [...] o desenho [...] aliás a soldagem inclusive foi toda minha do chassi, e subchassi, é o suporte do motor [...] de projeto, o cálculo do chassi foi todo meu [...] (E15).

Verifica-se que é possibilitado ao estudante o aprendizado de diversos “fazeres”, e foi possível constatar nas observações de campo o mesmo empenho e dedicação no fazer durante o desenvolvimento do veículo pelos membros atuais da equipe. Percebe-se também que o fazer pode envolver a inovação nos elementos do protótipo, como a *flange*, uma peça que faz a conexão da roda com o sistema de freios,

[...] o E11 me incumbiu de projetar a flange traseira, aí o desenho dela é meu, fiz no *Solid*, essa foi a primeira flange que a gente fez que não tem a fixação do disco de freio na flange [...] (E2).

Os trabalhos envolvem as maneiras e os processos de execução e de utilização de recursos para finalidades específicas, ou seja, a técnica; com relação a este fazer técnico - cálculo dimensional, desenho técnico, a fabricação e a montagem, etc - do projeto à montagem, um dos estudantes destaca tanto o trabalho colaborativo quanto uma inovação do veículo atual, o protótipo 09 em relação ao anterior, o 08:

[...] no projeto, a caixa de redução é um produto de nós três, eu, o E7 e o E14, éh ... os cálculos eu mesma calculei, e muita coisa fizemos juntos mas muita parte do desenho, eu que fiz, os alívios da engrenagem fui eu que desenhei, eu que defini com a análise do *Solid* onde podia aliviar e fiz mais de um jeito de alívio, foi usinado, essa parte a gente fez desde a ideia inicial do projeto, fiquei até mandar fazer, até pôr no carro, vimos rodar [...] um pedaço daquela caixa é meu, o desenho do *Solid* grande parte eu fiz, a montagem, os desenhos para mandar usinar, a caixa foi uma melhoria no 08, e conseguiu reduzir muito a massa, fizemos uma caixa de redução bem menor, era um dos objetivos, para melhorar o rendimento do carro, o *powertrain* avançou muito nisso, de uma caixa para a outra teve um avanço muito grande [...] (E12).

Em outro depoimento, o estudante destaca seu trabalho na modelagem utilizando fibras industriais na construção de elementos do veículo, além de outras tarefas,

[...] as laminações foi eu quem fiz, seria fazer as carenagens em compósito⁴¹, em fibra de vidro no chapéu e no capô e a proteção da CVT é fibra de carbono, ajudei a montar o carro em geral, isso foi todo mundo, o banco também foi eu que fiz, fiz o desenho no computador e eu que fiz croqui, moldei, laminei, foi fabricado aqui, é tipo um material de baixa densidade [espuma de PVC⁴²], eu fui esquentando ele, cortei em vários pedaços, vai esquentando e moldando até ficar no formato do banco, laminei com fibra de vidro para ficar rígido, aí mandamos só pôr o estofado e o couro. A estrutura física foi eu que fiz (E4).

Percebe-se nas citações acima o envolvimento dos estudantes em todas as fases da fabricação, da concepção do desenho, passando pela modelagem e construção, até a finalização. O trabalho na oficina requer não somente execução e montagem – em todas as operações necessárias, como desenhar, cortar, dobrar, soldar, laminar, usinar, calibrar, dentre outras - mas também fazer testes de validação e ajustes no protótipo, como apontados pelo estudante:

[...] os braços da direção, o chassi, fazer tudo, eu participei 100% [...] com o carro já pronto, tinha muitos ajustes para serem feitos, são ajustes que são feitos após a montagem, quem fez foi eu e o E12, nesta parte de ajustes de direção e suspensão, tem minha contribuição [...] rigidez de mola, ajustar cambagem de roda, o perfil da roda, saber qual roda utilizar, hoje o 09 da nacional pro 09 da regional, já conseguimos diminuir o tamanho da bitola traseira, já usamos um pneu diferente na dianteira, a rigidez de mola já é outra, é um carro diferente agora [...] (E13).

Quanto ao que Schon (2000) chamou de *epistemologia da prática*, o saber fazer requer necessariamente estar consciente da forma de se fazer algo no momento, durante ou após o fazer, como nos lembra o E7, com relação à organização do fazer, ou seja, a organização do trabalho,

[...] no final a gente passou uns perrengues porque atrasos de peças, usinagem que não ficou pronta, atrasos, e acho que esse tempo desde quando eu entrei até a competição, foi importante no sentido de a gente ver que tem que ser tudo muito mais organizado do que estava, tem que ter um cronograma mais bem definido, para gente chegar no final e não ter que correr, vamos sair fazendo tudo de uma vez e acaba que dá errado, deu para perceber isso, é preciso uma organização pré-estabelecida, de tempo, pra não ficar com tudo em cima da hora, esse pós competição a gente melhorou bastante, muito mais organizado, cheio de pontos que a gente está consertando, essas partes de tarefas no quadro, visíveis, essas coisas estão ajudando muito na organização (E7).

Saber fazer é “compreender em ação” (PIAGET, 1978, p.176) e, no ofício do engenheiro, aquele que pensa em soluções para problemas, há que se pôr em prática o pensamento e a reflexão a fim de se compreender e materializar os planos e projetos via ação; por isso, o saber fazer deve também se estender à organização do trabalho, como apontado

⁴¹ Material formado pela união de outros materiais com o objetivo de se obter um produto de maior qualidade ou resistência.

⁴² Denominação de policloreto de polivinila, material plástico derivado do processamento de petróleo.

pelo estudante na citação acima. Poderíamos mesmo considerar que, neste sentido, o saber fazer se vincula ao saber *pensar*, ou seja, constitui a integração de saberes práticos e teóricos, pois a construção de um veículo requer a convergência de saberes.

Como visto no Capítulo 4, o ensino da engenharia em geral no Brasil é muito tradicional e teórico, com pouca prática, e a vivência no projeto proporciona sobremaneira esta experiência do saber prático como apontado, pelo estudante abaixo,

[...] curso de engenharia em si é bem teórico, você tem pouca prática, a prática geralmente fica mais ligada ao [ensino] técnico. Como eu não fiz técnico em mecânica eu não [tinha] a noção do processo e agora eu passei a ter noção de oficina, de ferramenta, no futuro para delegar alguma tarefa ou até mesmo para fazer análise de tarefas na indústria, você sabendo do processo é melhor porque você consegue conversar com o operador do maquinário, você tem uma visão global não fica só na teoria (E6).

Além disso, a experiência prática dos orientadores de equipe é um fator de certa forma desejado, mas não necessariamente obrigatório, pois o professor pode também estar num processo de aprendizado junto com os estudantes, como nos lembra um dos orientadores,

[...] acho que experiência profissional é muito importante para atuar como orientador de equipe pelo menos uma parte porque é muito difícil a pessoa que não tem experiência de chão de fábrica, porque a equipe muita coisa é chão de fábrica, na hora da prática de fabricar, é chão de fábrica, é ir fazer peças [...] recentemente estive na equipe do Baja e um aluno, ele estava montando o amortecedor num lugar e com o carro suspenso na mesa e a hora que ele apertasse o amortecedor no lugar e colocasse o carregamento na suspensão, a borracha ia torcer para chegar na posição de trabalho, e depois, em pista, a borracha teria que torcer mais ainda para chegar no limite do curso da suspensão [...] o adequado é que eu monte ele na situação de carregamento para ele ficar no meio do curso (P1).

Evidentemente, dada a natureza multidimensional de problemas, projetos ou situações práticas, em algum momento o problema prático pode não estar na área de competência do conhecimento imediato do professor, cabendo a este, como visto na literatura, orientar a busca por este conhecimento. Na ocorrência de algo fora de seu domínio, há que se enfrentar o fato naturalmente, e buscar a orientação ou solução com quem sabe “sem medo de falar eu não sei, se não sei, não sei, ponto final. Vamos procurar quem sabe, enfrente de frente, sem problema” (P2).

O saber fazer desenvolve-se na prática do trabalho em oficina e mesmo na organização deste trabalho. É no exercício diário que o saber prático se consolida no estudante envolvido na dinâmica do projeto, e pelos depoimentos coletados e pelas observações de campo, nota-se que as habilidades técnicas e o saber fazer são desenvolvidos pelo exercício da

prática, na resolução de problemas práticos e na utilização de técnicas e ferramentas, computacionais ou não.

Como nos lembra um estudante, “em nenhum lugar na faculdade você vai ter uma chance assim, é uma chance de colocar em prática tudo que você aprendeu, você ganha muito” para a carreira profissional futura (E6). O entusiasmo deste último estudante revela que há, em geral, uma predisposição para o *aprender a fazer*, e para o *saber fazer*, o que sobremaneira reforça o próprio desenvolvimento e a aprendizagem. No projeto CEFAST BAJA, é notória a percepção e valorização que os próprios participantes conferem ao aprender e ao saber fazer, e à aplicação prática de saberes diversos, pois no percurso formativo baseado na abordagem da aprendizagem ativa, em geral, o estudante incorpora o saber fazer e as diversas habilidades necessárias ao desenvolvimento de um projeto real e de uma profissão.

6.2 Saber Pensar – Conhecimentos

A segunda categoria chave desta pesquisa é a formação e o desenvolvimento do *pensar*, consubstanciado no modo de pensar reflexivo-crítico, este por consequência, constitui uma base para o conhecimento potencial, um *ativo* do sujeito, uma forma de abordagem e meio para se construir saberes validados pela sociedade e esperados no futuro profissional.

Mas o que é o *saber pensar*? Considera-se que é a capacidade formada por meio da experiência do pensar de forma reflexiva e contextualizada, crítica, reelaborando e operacionalizando tal capacidade em adequação às necessidades. Considera-se ainda que, o pensamento é o encadeamento mental de uma “operação em virtude da qual os fatos presentes sugerem outros fatos (ou verdades), de tal modo que nos induzam a crer no que é sugerido, com base numa relação real nas próprias coisas, uma relação entre o que sugere e o que é sugerido” (DEWEY, 1979, p.21), assim, o pensamento reflexivo, base do *conhecimento*, consiste num exame mental sobre algo, um fato gerador – um problema, uma dúvida, a busca por uma solução - que promove e orienta uma consideração posterior, consecutiva.

O pensamento reflexivo, e por consequência o saber pensar, derivam do enfrentamento de problemas pelo homem em sua aventura construtiva em todos os âmbitos de sua vida, consolidando um conhecimento. E este não é outra coisa senão um reflexo do experienciado, filtrado pelos sentidos, categorizado, sistematizado, avaliado e organizado mentalmente na estrutura cognitiva do estudante. No projeto CEFAST BAJA, considera-se que, assim como o saber fazer, o saber pensar se efetiva e se consolida pela experiência prática na resolução de problemas ao se desenvolver e construir um protótipo de veículo.

Conforme Dewey (1979) aponta, o passo inicial é assumir que há um problema, uma necessidade; geralmente, este processo é iniciado pelo enfrentamento dos elementos envolvidos na situação em conjunto com as especificações do projeto e, para tanto, um dos estudantes argumenta,

[...] primeira coisa, tento identificar de onde veio, o que aconteceu para dar o problema, com clareza, porque muitas vezes você acha que é um problema e na verdade é um sintoma, então, primeira coisa [...] é ter certeza que o problema é um problema e não um sintoma, para não ter outro problema, no que eu tentei, identifiquei com clareza, tento identificar a causa, eu sou bem cauteloso, tento identificar com cuidado a fonte do problema, e aí eu paro, e penso, discuto e tento buscar opiniões e possíveis soluções [...](E2).

Assim, outro estudante reitera,

[...] você tem sempre que investigar as causas, tentar identificar, porque um problema não é algo padronizado então, não tem como você lidar com todos os problemas seguindo o mesmo padrão, por isso que existe mil e uma formas de lidar com problemas, tem que ser analisado, investigar, ver o porquê [...](E13).

Percebe-se claramente nos depoimentos acima o percurso mental de reflexão como em um método científico na busca por soluções, como visto em Dewey (1979) no Capítulo 3. A busca pela solução requer a análise dos fatos e dos fatores subjacentes, bem como um passo-a-passo, que é próprio de cada participante, como relatado abaixo,

[...] eu pensava assim, primeiro pensar o que fazer, vou analisar tudo direito, então olhava se o problema é um componente, eu analiso todo o componente e tudo que está em volta por que alguma outra coisa poderia estar afetando ele. Analisava, verifica [...] inicialmente olho no carro, se é com algum outro subsistema entrava em contato, se fosse de projeto, volto no projeto verificava o que era, se fosse projeto, qual adaptação deveria ser feita para adequar, seguindo isso, a gente [...] tentava solucionar (E6).

[...] primeiro pergunto para quem eu acho que sabe [...] pesquiso em livro, internet, pesquiso bastante, caso seja um problema que eu posso, por exemplo, tentar fazer em software eu começo e tento passar para a prática, se não for, já tento fazer na prática direto [...] (E17).

O exercício analítico da decomposição dos problemas em partes faz parte do saber pensar, que por consequência subsidia a tomada de decisão, como bem declarado pelo estudante E13,

[...] quando eu tenho um problema, se tem uma tarefa grande você vai dividindo as tarefas até chegar em uma tarefa que eu consigo fazer em um dia [...] e a partir disso você vai fazendo as tarefas e consegue um todo, eu tento seguir isso [...] e na hora de partir o problema, sempre envolve a questão da tomada de decisão, de saber lidar e discutir o problema, e tem vários outros processos, subprocessos [...](E13).

Como os problemas que se apresentam não são estruturados, há que se levantar hipóteses de trabalho, como apontaram os estudantes abaixo,

[...] a equipe debateu, mexeu no carro, [...] está acontecendo isso, qual pode ser o problema: a manga, a flange e a roda [...] olhou a roda, a roda deu problema? Então coloca a roda reserva, resolveu? Não, então vamos pro próximo, a flange não tinha dado problema, vamos para a manga, a manga tinha empenado, então a gente tinha uma manga reserva, então trocamos os rolamentos, colocamos no carro e resolveu o problema [...](E9).

[...] depende, se tiver tempo, a gente para, pensa, reflete [...] e igual agora, tem muito tempo para a competição, se tiver algo errado, analisou todas as possibilidades, fez de um jeito, fez de outro, tem o plano a, o plano b, o plano c, tem várias maneiras de corrigir o erro [...](E12).

[...] eu pesquisei as soluções, teve que pesquisar o material, teve que fazer alguns ensaios de dureza para ver como era o tratamento do eixo, antes de mandar fazer [...] a gente sabe um caminho que pode provavelmente pode dar certo, mas nunca você tem 100% de certeza que vai dar certo, e a gente tem é uma hipótese (E10).

O pensar reflexivo é percebido em várias ocasiões ao longo do desenvolvimento do veículo, pois no decurso das atividades realizadas, sejam elas teóricas ou práticas, requer-se o questionamento, o levantamento dos fatores intervenientes, as causas, os elementos adjacentes que influenciam estas atividades, as interdependências, as hipóteses, as contradições, configurando assim o percurso da construção de soluções. Soluções estas de natureza técnica, dadas as características das atividades do projeto, donde poderíamos pensar em uma *mentalidade técnica*, em um pensar técnico que por sua vez, seria o saber pensar mas em contexto do uso de técnicas e em situações de trabalho específicas, como citado pelos estudantes abaixo,

[...] se aparecer um problema do nada, a primeira coisa é pensar e analisar todos os pontos críticos que podem acarretar na forma de resolver o problema, exemplo, tem um parafuso que cisalhou, que quebrou, eu não posso simplesmente substituir, eu tenho que ver o porquê que ele quebrou, aí vou pensar [...] analiso todos as interferências externas no parafuso, e tento achar a causa do problema, achando a causa ou só trocar, talvez seja erro no parafuso ou tentar modificar a peça para o parafuso não quebrar mais. Eu olho as opções todas [...](E10).

[...] pensando na parte de ensaios, fazer teste é pertinente porque você faz o projeto, você só vai ver se ele é o melhor testando, vendo mesmo, trocando, mudando parâmetros, por exemplo, suspensão, tem a rigidez de mola, nunca vai saber se você não mudar para uma muito boa ou muita ruim, às vezes você está no meio termo e você não sabe se onde você está é pior ou melhor do que outra que você poderia colocar, você tem sempre que modificar, ver todos os parâmetros, os pontos para poder te direcionar, e dizer, esse é o melhor [...] (E13).

[...] na construção da proteção da CVT⁴³ em fibra de carbono, a modelagem e o teste em CFD⁴⁴, eu precisei de auxílio do professor para ver como era a interação do ar dentro desta proteção e poder fazer uma refrigeração adequada para ela (E10).

O teste a que o estudante se refere, o *Fluidodinâmica Computacional* - é um teste de simulação bem específico e técnico feito com o *software Comsol*, e que visa avaliar a troca de calor, definindo pontos de pressão maior do ar, indicando ainda onde é necessário ter aberturas na CVT para a refrigeração.

Às vezes, a solução de um problema requer o refazer, não necessariamente retrabalho, mas sim, melhor dizendo, o re-pensar do projeto e dos processos de trabalho, a reflexão que configura o saber pensar, como apontado abaixo,

[...] eu tinha ficado responsável pelo sensor de temperatura e de vazão, o sensor de temperatura funcionou só que o juiz não gostou [...] porque não era um sensor automotivo, tiramos ele porque não é obrigatório, a única coisa obrigatória é a luz de freio e o mata-motor [...] mas tem que ter alguma inovação o projeto, estamos pesquisando sensores novos, o sensor de vazão deixamos no carro para medir o nível de combustível [...] quando eu cheguei na equipe tinha a tarefa de olhar o potenciômetro pro teste de suspensão, a gente adaptou um que tínhamos antigo, só que precisa de 2 e só temos um. Cada coisa que a gente pesquisa já é um incremento para a equipe e para o carro. Ainda mais sensores de combustível e vazão, importantíssimos pro piloto, para ter melhor estratégia durante o enduro (E8).

[...] se mudar qualquer coisa tem que readequar a suspensão e direção do carro, não necessariamente recalcular, mas tem que fazer ajustes no amortecedor, de alinhamento, de pressão no pneu, essas coisas tem sempre que buscar melhorar, são ajustes, se muda o piloto, às vezes tem que mudar a calibragem, etc. (E16).

E como apontado por um Professor, quando do caso da quebra de uma peça,

Eles voltaram da competição e falaram...ah...não deu jeito, o rolamento estragou, eu perguntei quando você dimensionou o rolamento o que você considerou? - Ah...eu considerei a força que a corrente está fazendo. Só que a força está aqui e rolamento lá, você considerou o momento também? - Ah...eu não considerei não. Pois então, falei, esse momento vai aumentar a força do rolamento, aí falei, faz de novo as contas para ver qual que é a vida útil do rolamento com esse novo conhecimento que tem agora, fez as contas e concluiu que o enduro é de 4 horas e que com 2:20 o rolamento falharia, não aguentava [...] (P1).

⁴³ CVT - *Continuously variable transmission* - transmissão continuamente variável.

⁴⁴ CFD – sigla em inglês para Fluido Dinâmica Computacional

No exercício do saber pensar, e no percurso do desenvolvimento de conhecimentos técnicos, este pode ocorrer tanto em ações corretivas ou mesmo preditivas às quais o estudante futuro engenheiro precisa se habituar, e fazem parte do ofício do engenheiro as revisões técnicas, como citado pelo estudante abaixo,

[...] às vezes é um problema físico no carro, no *software* então penso como posso solucionar, aí...depois, eu faço dimensionamento, como vai ser, depois faço tratamento para ver se a solução é viável se ela vai ser duradoura. Uso o *Software Ansys*, é um programa de análise de elementos finitos, é mais para análises estruturais, tipo uma simulação do que aconteceria na realidade, tem algumas que tem fazer ainda, algumas tem que mudar, por que fizemos um projeto, teve que adaptar aí tem que fazer de novo. Teve que refazer para ver se a orelhinha tinha que aumentar o tamanho, se a formulação dela estava dentro do previsto, teve que por reforço (E4).

Estas revisões técnicas a que o estudante se refere, requerem pesquisas, ratificações e corroborações de premissas e condições técnicas, e nesta “área técnica não existe ‘achismo’, ou é, ou não é, e tem que comprovar, é bem positivista” (E11). Nas ciências em geral, a busca do “como” e do “porque” é a mola mestra que orienta as atividades de pesquisas, e neste projeto há muito trabalho de pesquisa e investigação levada a cabo pelos estudantes autonomamente, uma vez que a área automotiva não é a ênfase dos cursos do CEFET-MG, e não há oferta de algumas disciplinas que seriam específicas, como a *Dinâmica Veicular*. Estas pesquisas ocorrem em livros, em materiais já produzidos pela equipe, tutoriais na internet, consulta a professores, ex-integrantes, etc. Entretanto, nos currículos há disciplinas correlatas, que servem de base para a aplicação no protótipo como *Estática*, *Termodinâmica*, *Materiais*, *Motores*, dentre outras. Como apresentado na descrição do artefato físico, há uma grande quantidade de tópicos e áreas de estudos - saberes disciplinares apresentados no QUADRO 9 – realizados de forma autônoma pelos estudantes e necessários para fazer os subsistemas e o veículo funcionarem. Nota-se no escritório da oficina, que sempre há estudantes consultando livros, manipulando *softwares*, simulando, estudando e pesquisando tópicos relativos ao veículo, relativos aos diversos problemas, que se tornam objetivos de estudo. Mas também há consulta a professores, como citado pelos estudantes abaixo,

[...] quando eu estava procurando o material para o disco de freio eu primeiro comecei a pesquisar e comparei entre vários materiais para resolver qual usar, no caso, sim busquei informações na matéria de Materiais entrei em contato com o professor e ele me auxiliou, ele passou um material de estudo, tirou algumas dúvidas, várias vezes eu fui na sala dele. Ele me ajudou muito nessa parte de levantamento de materiais, eu busquei só um direcionamento dele sabe, e aí o resto eu fui buscando. E consegui compreender mais da atividade que eu deveria fazer (E6).

[...] a gente tem que pesquisar, estudar bastante, como pesquisar, como aplicar o que a gente pesquisa [...] é uma das principais coisas que a gente aprende estando no projeto, tem alguns materiais que a equipe já produziu mas não tem professor, tem pelo menos um caminho a seguir, tem alguns tutoriais, alguns *workshops* [...] (E11).

[...] eu procurei meu professor de desenho algumas vezes e teve problemas que tivemos que procurar o professor de Materiais de Construção, ligada a materiais em geral [...] (E2).

[...] tive que ler um livro de laminação, porque a gente não tem essa matéria, busquei como laminava, como fazia um *composite*⁴⁵, para fazer a carenagem (E4).

Geralmente, a natureza dos problemas, como já mencionado no Capítulo 4, é do tipo aberto, com várias possibilidades, o problema é não-estruturado, com poucas informações, ou seja, o caminho para a solução não está indicado, o que deflagra investigações e pesquisas por soluções pelos estudantes, com orientação, discussão, ponderação entre as hipóteses e tomada de decisão, e trabalho colaborativo, como percebe-se na fala do estudante abaixo,

[...] ah, num projeto de carro, acho que nunca está muito fácil a solução, porque...existem várias soluções, por exemplo, a suspensão, tem inúmeros tipos que você pode usar e pode dar certo, então, tem que investigar e ir estudando cada uma para saber qual irá se encaixar melhor, porque todos podem se encaixar, as vezes, um você não sabe fazer, outro você não tem experiência, um vai dar certo mas não pro tipo do carro, ou outro vai ficar caro...então, tem que achar um ponto de equilíbrio, exemplo, você pode fazer um carro com um design mais bonito mais protegido mas que tira a visão do piloto, então, não pode fechar o *cockpit*⁴⁶, você tem que deixar aberto, mas aí o piloto vai sujar mais o carro, vai entrar mais lama, o piloto vai ser menos protegido, o painel vai sujar, não vai conseguir ver nada, então pra tudo tem que ter um meio termo, e esse meio termo, é claro que você vai estudar cada um pra definir o seu, então, nunca está muito claro a solução, a solução você tem que buscar o ponto ótimo, a gente brinca que a engenharia é uma balança, se você melhora um pouco você vai piorar outro pouco, não tem como melhorar o carro inteiro. Igual o E10 fala isso direto, você melhora o conforto, você perde desempenho, você melhora [...] você perde conforto, para todos os subsistemas, o motor se melhorar a força, perde velocidade, você melhora velocidade final, perde a força, perde em outro aspecto [...] é achar o ponto de equilíbrio, observando e estudando muito o que já foi feito, sempre avaliando qual o que tem de melhor cada uma, para achar uma que atenda (E9).

E reiterado por um estudante quanto relata seu modo de buscar informações,

[...] eu pergunto tudo sobre o que eu tiver de dúvida, estudava tudo o que precisava de estudar de base, porque até para quando eu perguntar eu saber o que tiver de básico, não chegar sem saber nada, se eu não conseguisse alguma coisa, pesquisava o que eu não entendi, se continuasse, chamava alguém experiente, depois disso, se mesmo se os colegas a gente não resolvia ai ia pra os professores pedir ajuda, eram esses passos, tentar sozinha, depois alguém da equipe mais experiente e depois para os professores (E12).

⁴⁵ Termo em inglês para compósito, já mencionado, ou seja, trata-se de um material formado pela união de outros materiais com o objetivo de se obter um produto de maior qualidade ou resistência.

⁴⁶ Espaço onde se aloja os pilotos nos carros de corrida.

A questão de pesquisar, pensar e analisar para depois fazer, é extremamente valorizada, uma vez que, com mais embasamento e conhecimentos, evita-se erros, desperdício, retrabalho, ao passo que se busca o aprimoramento e a otimização tanto das atividades, quanto dos resultados. Os estudos e análises feitos pelos estudantes também representam a consolidação de conhecimentos e de descobertas, como no depoimento de um estudante sobre a descoberta de erros,

[...] assim, existem níveis de erro, tem um erro de cálculo que quando você acha o erro, é uma maravilha, você fica muito satisfeito, porque você corrige um problema antes de implementar e outra vantagem é que você consolida o aprendizado quando você começa a achar erros é um sinal que você está consolidando o aprendizado, eu consegui achar alguns e consertar alguns mas outros não, não conseguimos (E15).

Constata-se claramente, no depoimento acima, tanto o sentido da descoberta pelo próprio estudante, como apontado na teorização de Bruner, quanto o sentido da formação do pensamento científico descrito por Bachelard, pois para este autor, o espírito científico é aquele que retifica erros e se constrói razão (BACHELARD, 1999).

Assim, nas pesquisas realizadas pelos estudantes, busca-se o aprimoramento e o atendimento às especificações técnicas do veículo, alcançando um ponto ótimo nas soluções, minimizando erros, como aponta um estudante ao argumentar que há uma diferença entre “fazer e pensar para fazer, muitas vezes o querer fazer e querer ficar livre da tarefa, você acaba errando porque não pensou em algo maior, para frente” (E11) e, para tanto, constatou-se nas observações de campo, a procura e o contato com professores especialistas e mesmo ex-integrantes para orientação, pesquisas, e minimização de pontos críticos do projeto, como verificado no Seminário Técnico realizado com o intuito de se preparar para apresentações técnicas na competição nacional e de promover a troca de ideias, análises, críticas e ajustes no projeto, ou seja, a agregação de conhecimentos técnicos.

Neste encontro, havia sete ex-integrantes e um ex-coordenador de equipe e Professor de Elementos de Máquinas, e procedeu-se à apresentação técnica dos subsistemas para apreciação pelos presentes; houve, ainda, bastante interação com os participantes com discussão sobre possíveis hipóteses, problemas e melhorias no projeto do veículo, nesta ocasião, os estudantes se posicionaram positivamente frente as críticas e discussão sobre possibilidades de melhoria.

A busca por sanar dúvidas junto a professores e especialistas é recorrente, como lembra o estudante,

[...] durante o desenvolvimento da caixa de transmissão, o cálculo, devido ao dimensionamento nós procuramos o professor Y e o A, professores de Elementos de Máquinas, matéria do 7º período, perguntamos se os cálculos estavam certos, pedimos ajuda porque estava dando umas coisas erradas, que não estavam tão confiáveis para eles nos darem um caminho a seguir, para ajudar mesmo. Porque é uma coisa crítica para o projeto (E3).

Ademais, dada a natureza do projeto, com interfaces e interdisciplinaridade intrínseca, pesquisa-se também outras disciplinas que não a engenharia, como Ergonomia e tópicos de Administração Geral, área financeira, e mesmo *marketing*. Como exemplo, o estudante incumbido da apresentação técnica referente à Vendas/*Marketing* na competição, relata,

[...] não é uma matéria que tem em Engenharia Mecânica, tive que buscar no curso de Engenharia de Produção e Administração, encontrei professores que me ajudaram bastante, busco sempre as matérias optativas que são fora da Engenharia Mecânica, com os ex-bajeiros sempre mantenho comunicação com o pessoal que projetou o protótipo, enfim, a parte do desenvolvimento de produto e vendas, eu corri atrás, mas eu tenho consciência que eu fazendo mecânica eu não vou ter o conhecimento que seria propriamente da área por isso que eu procurei um professor para tentar alcançar um grau mais profissional (E13).

Há ainda a organização e a sistematização dos saberes consubstanciados em planos de ação, fazendo uso de ferramentas de gestão, bem como a própria elaboração dos relatórios técnicos – capacidade de comunicação escrita - algo que deve ser desenvolvido nos estudantes, e que é rotineiro na prática profissional do engenheiro. Assim, informações e conhecimentos, normalmente discutidos, são transpostos para as peças de planejamento – cronogramas, planos de ação, relatórios – como nos lembra um estudante, “tudo tem que ser pensado, desde o planejamento a longo prazo quanto o emergencial” (E9) e apontado pelos estudantes abaixo,

[...] algumas pessoas discutem e fazem planos de ação, o ideal seria que sim, que fosse tudo pensado antes de tomar ações para tentar resolver. Dependendo do caso, a gente tenta juntar as pessoas que tem conhecimento do assunto para discutir o que aconteceu, mas isso depende de quem detectou o problema, por que às vezes, quem detectou fica meio afobada com pressa de resolver, acha que tem que resolver como prioridade ou simplesmente não pensa muito bem e já sai tentando. Mas é raro, na maioria das vezes a gente discute bem antes de tentar resolver (E2).

[...] a gente fez a análise no FMEA e vimos, eu e o E11, e vimos que o seria necessário, distribuímos assim, vemos o que temos que fazer, dividimos as tarefas mas acabamos fazendo tudo junto (E1).

E reiterado por outros estudantes,

[...] baseado no cronograma da SAE Brasil, então tem um planejamento dela e tinha que cumprir, seguir regulamento, data de entrega de relatórios, é como um guia, tem

as datas, aí a gente fazia um macro planejamento para chegar nas datas, era basicamente isso. Tem que ser uma atividade bem organizada (E15).

[...] depois de competição, tinha a avaliação para ver o que quebrou e porque, e tinham vários porquês, tentávamos fazer um plano de ação, é o ideal [...] (E16).

[...] tem um cronograma e as metas. Sempre discute antes de fazer cada plano de ação, se reúne o subsistema e discute como vai ser [...] (E5).

[...] melhoraria a gestão do tempo, o mais difícil é o planejamento mas se você acertar nisso, eu acho que consegue acertar tudo (E6).

Percebe-se, também, o uso recorrente de outras ferramentas de gestão, que nada mais são do que formas de organizar e sistematizar o conhecimento técnico em torno, e com o objetivo de abordar problemas em vista de suas soluções, tal como mencionado abaixo,

[...] eu estou falando com os meninos para seguir um plano de ação, que é implementado em algumas empresas, chama sete medidas de contenção de problemas; um resumo seria assim, seria identificar o problema, avaliar o problema, dar uma solução provisória, pensar na solução permanente e executar a solução permanente, tipo um PDCA [...] (E13).

O quesito *relatório* é um ponto importante com relação ao saber pensar e ao saber sistematizado de uma área tão técnica e exata como a engenharia, pois, em última instância, representa um trabalho técnico e consubstancia conhecimentos agregados; geralmente, é em um relatório que o engenheiro se mostra competente demonstrando o seu saber pensar, pois “o relatório mostra que você desenvolveu e que você não comprou um carro pronto” (E16). Aliás, como lembra um egresso, o relatório do projeto “é o que vale como engenharia, o projeto é o que a gente vende como engenheiro, então, é um dos motivos porque a fase do projeto é a fase mais importante para o engenheiro [...] é a parte mais técnica” (E15).

A elaboração de relatórios implica em estudos prévios, e o desenvolvimento de saberes ocorre exatamente no espaço entre o conhecimento prévio - aquele que o indivíduo possui como base - e aqueles buscados na intenção de resolver problemas, como os tópicos e áreas de conhecimento já mencionados na descrição do artefato físico; ou seja, aquele conhecimento potencial, que representaria uma zona de desenvolvimento, de crescimento e de aprendizado. Portanto, podemos considerar que o aprendizado se dá a partir do que o estudante já sabe e traz consigo, seu ponto de abordagem e ancoragem, no sentido de Ausubel (1968), e aquele conhecimento a ser descoberto potencialmente, num movimento de assimilação e acomodação do conhecimento novo, assim como apontado no pensamento *piagetiano* e *vygotskyano*.

Os estudantes chegaram à universidade com os conhecimentos básicos obtidos no ensino médio; nenhum deles declarou conhecimentos prévios aprofundados sobre qualquer tipo de engenharia, sobre a área automotiva e seus subsistemas, bem como sobre os saberes práticos de oficina, ou mesmo das ferramentas computacionais mais específicas usadas no campo profissional do engenheiro, como apontado pelos estudantes abaixo,

[...] não sabia absolutamente nada (E12).

[...] eu não sabia nem o nome das peças nem como eram feitas (E5).

[...] sobre Cálculo Estrutural não sabia praticamente nada, [...] os softwares não sabia nada e sobre carros muito pouco somente o básico, nome das coisas (E4).

[...] sabia muito pouco, do Subsistema Eletrônica, eu não sabia praticamente nada, aprendi tudo no Baja. Porque eu não tinha curso técnico, só o ensino médio, então não sabia de nada mesmo (E8).

[...] sabia um pouco de motores, um pouco de direção e suspensão mas nada muito aprofundado, de Estrutura mesmo, que é o meu subsistema eu não sabia muita coisa, o que eu tinha de conhecimento prévio era Física básica, não era suficiente para entender (E6).

[...] eu achava que eu sabia muita coisa, quando eu entrei eu descobri que não, descobri que eu não sabia nada. Tudo que eu sei atualmente, eu aprendi no Baja, aprendi muita coisa por fora mas motivado pelo Baja, despertou o interesse no assunto (E2).

Na oficina onde se desenvolve o protótipo do veículo CEFAST BAJA, o que não falta é o avanço em áreas de conhecimento, e o preenchimento de lacunas em tópicos de estudos, que os estudantes vão construindo ao longo do percurso, como constata-se nos depoimentos abaixo,

[...] acho que aprendi bastante coisa sobre Materiais, em termos de *software*, aprendi várias coisas sobre aços, dá pra acompanhar com a matéria de materiais ferrosos, aprendi sobre compósitos que não tem no curso, como fazer as coisas manualmente também, porque às vezes a gente só tem a teoria, e lá a gente aprende a organização de trabalho, usar as ferramentas, os EPI's⁴⁷, trabalhar no escritório, usar o 5S, os quadros, FMEA, análise de resultados, fazer relatório, muitas coisas [...] (E4).

[...] a parte de mecânica em geral do carro, que eu não conhecia, a parte dinâmica, é muita parte teórica também de física aplicada, modelos matemáticos, aprendi a mexer em diversos *softwares*, também aprendi coisas que eu nunca imaginei como seria fazer, por exemplo, a laminação do carro, um processo, juntar as fibras de carbono e construir a peça e [...] soldagem também, já tinha noção mas não sabia bem, e a parte gerencial que apesar de não ser muito bom nisso, eu estou tendo que correr atrás e ver como que faz. Trabalho em equipe também [...] (E10).

⁴⁷ EPI, Equipamentos de Proteção Individual.

Assim, como já mencionado, o projeto promove a busca de conhecimentos disciplinares diversos, e proporciona, ainda, o contato com uma diversidade de aspectos, como os relativos à organização do trabalho, dentre outros. Ressalta-se que o setor automotivo e as engenharias de forma geral são constantemente mudados por avanços tecnológicos. O ganho em desenvolvimento e a aprendizagem dos estudantes para a vida profissional é algo unanimemente declarado pelos participantes tanto em termos de conhecimentos técnicos, quanto de conhecimentos práticos de oficina, como aponta o estudante E16, “eu entrei de um jeito e saí com muito mais conhecimento em áreas técnicas”, e ratifica o estudante abaixo,

[...] uma coisa eu sei, eu cresci muito depois que eu entrei no Baja, em questão mesmo de conhecimento de [...] eu cheguei não sabendo absolutamente nada de carro e eu nem sabia porque eu estava fazendo engenharia direito, para, eu não sei tudo de motor, obviamente, mas se falar eu entendo ou tenho a base para conseguir entender em termos técnicos, não vai ser tão difícil quanto o que eu era antes, não vai ser do zero (E12).

Assim, diante destes depoimentos, considera-se que a experiência educativa possibilitada pelo projeto CEFAST BAJA leva o estudante a saber pensar de forma reflexiva, assim como descrito nas cinco fases do pensamento reflexivo de Dewey (1979) descritas no Capítulo 3; a obter saberes conceituais e disciplinares com o consequente desenvolvimento de conhecimentos científicos e tecnológicos; e a saber projetar e analisar fenômenos, sistemas, processos e resultados. O projeto proporciona o exercício do saber pensar e o desenvolvimento de habilidades mentais complexas, como as referenciadas na Taxonomia de Bloom, quais sejam, analisar, sintetizar e avaliar ou criar, isto é, estimula a capacidade de reelaborar e integrar saberes, possibilitando um avanço na formação e no conhecimento potencial do estudante. Em geral, verificou-se no comportamento e nos depoimentos dos estudantes que há uma predisposição com relação ao saber e a buscar conhecimentos, ao passo que há também uma preocupação em se formar como um bom engenheiro, ou seja, há uma consideração pelos próprios estudantes com o que esta experiência formativa representa e agrega em termos de carreira e identidade profissional, no sentido de Charlot (2000), ou seja, na validação social dos saberes do engenheiro.

6.3 Saber Ser e Agir – Atitudes

Esta categoria aborda as características relativas ao aspecto subjetivo do estudante em termos de suas interações com o meio em que se encontra, com as pessoas, de sua comunicação, de sua postura com o trabalho, e de forma geral, da disposição que se imprime no desenvolvimento destas interações, viabilizando assim a construção de habilidades não-técnicas – saberes não-disciplinares - em um processo educativo.

O *saber ser* e o *saber agir*, ao passo que o indivíduo toma consciência de si e do outro, bem como das interações proporcionadas pela experiência educativa, conduziriam a um *saber atitudinal* implicando num senso de interdependência, de responsabilidade individual e de corresponsabilidade social em seus atos, na vida privada e no campo profissional (DELORS *et al.*, 2010).

Se almeja-se um profissional competente, a busca pelo desenvolvimento e formação destes aspectos mais subjetivos, deve ser indissociável em qualquer processo de formação e estes fatores também encontram-se referenciados nas DCN para os cursos de Engenharia, dentre os quais: comunicar-se eficientemente, saber atuar em equipes multidisciplinares, compreender e aplicar a ética profissional, bem como considerar o impacto das diversas atividades da engenharia na sociedade como um todo (Resolução CNE/CES/11/2002, Artigo 4).

Assim, a busca por uma educação integral passa pelo desenvolvimento de atributos subjetivos relativos às competências de caráter não-técnico, tais como: o saber trabalhar em equipe; a relação interpessoal, comunicação e interação; a adaptabilidade a mudanças; e o senso de autonomia e liberdade. Circunscritos ao domínio subjetivo, a motivação, o interesse, a curiosidade, a emoção e o prazer em aprender não são exatamente competências, mas fatores que impactam inegavelmente na aprendizagem e, portanto, serão aqui apreciados no âmbito do “ser e agir”. E o projeto CEFAS BAJA proporciona sobremaneira o desenvolvimento e a vivência de tais atributos ou características que por sua vez tem um impacto significativo no próprio processo de aprendizagem.

Com relação ao *trabalho em equipe*, a vivência no projeto conduz de forma ampla a um senso de pertencimento ao grupo, e de trabalho coletivo, como destacou o Gerente de Projeto abaixo,

[...] não tem essa de que eu sou gerente eu sou mais importante, acho que cada um tem grande importância porque ninguém faz o projeto sozinho, é um conjunto de ideias, de relacionamentos, de erros e acertos, ninguém erra sozinho ou acerta sozinho, tudo é um grupo, e todos tem a mesma importância, desde o Capitão até o membro normal (E7).

Observou-se em vários momentos membros da equipe ajudando e ensinando outros em algum tópico ou prática, geralmente um veterano a um novato, como nos depoimentos abaixo,

[...] alguém me auxiliou, a equipe sempre teve uma ligação de éh...um integrante mais velho vai lá ajuda, explica como usa a ferramenta, muitas pessoas que entram não sabe como usar [...] eu aprendi a usar, aprendi todo o manuseio de ferramentas, de projetos, desde sempre você está aprendendo, sempre vai ter um diálogo de você ensinando uma outra pessoa. Pouco tempo que eu tinha entrado, tive que usar umas peças então ensinei um outro, que tinha mais tempo na equipe, vai essa troca de conhecimento (E6).

[...] eu acredito, que o termo equipe, resume basicamente isso, a gente, cada um tem um subsistema, mas no final, não adianta meu *powertrain* funcionar maravilhosamente se a suspensão não estiver pronta ou não trabalhar direito, então essa parte de ajudar o outro é muito importante (E3).

[...] como na caixa de redução, eram uns 5 a 6 caras ajudando, um subsistema por exemplo, era ele inteiro correndo atrás [...] não foi um ou outro, não tem como falar que foi só um, um revisou, um calculou, etc. (E16).

[...] se você não pode hoje, a tarefa é sua e eu tô lá à-toa, eu vou fazer entendeu, eu não vou simplesmente falar assim, ah...ele que tem que fazer e eu vou ficar aqui à-toa, eu acredito que é muito mais enxergar o projeto como uma coisa que depende de todos, e não simplesmente, que, essa tarefa é sua então se você não fizer, eu não vou fazer, entendeu, é enxergar que se você não fizer e eu fizer tudo que eu tenho que fazer e não te ajudar, nós não vamos ganhar de todo jeito, então é um pouco disso que a gente precisa, que a gente teve durante um tempo e acho que a galera lá está voltando a ter isso, porque a união da equipe é importante (E3).

Assim, a dimensão coletiva e o desenvolvimento do trabalho em equipe são aspectos bastante perceptíveis no dia-a-dia do projeto, e há uma grande preocupação no resultado que este trabalho traz em termos de ganho para o desempenho do veículo. Quanto à divisão de tarefas entre os integrantes dos subsistemas técnicos, esta normalmente é negociada entre eles, o que também auxilia no desenvolvimento de uma atitude e disposição para discutir, negociar, e acordar as tarefas entre os envolvidos, mas geralmente as tarefas são distribuídas por afinidades, e em muitos casos, realizadas em conjunto mesmo, como apontado abaixo,

[...] no subsistema que eu entrei, as tarefas eram divididas por afinidade, acabava que o E7 já pegava para usar umas buchas, eu já pegava parte da apresentação, era por afinidade mesmo [...] (E13).

[...] na época que eu era do subsistema, tinha o gerente de cada subsistema, hoje não, então, acho que fica por conta dos membros se dividirem e entrarem em acordo e realizar as tarefas. Hoje, na minha posição, eu passo as tarefas e deixo eles se virarem e cobro o resultado. E como, quando estou no subsistema, é assim, a gente divide entre a gente, e você faz isso, você faz aquilo e no final a gente junta, e vê, tem que ter resultado, hoje, nós montamos o quadro de tarefas, fiz um mural e cada subsistema em uma cor, dividido, entre o que tem pra fazer, o que está sendo feito, o que já se fez, e a emergência. Acho que vai ajudar bastante nas tarefas, para você chegar e não ficar perdido...oh...tem isso aqui para fazer (E7).

O projeto implica em tarefas integradas e o senso de interdependência e corresponsabilidade é verificado no depoimento do estudante a seguir, quando se refere aos líderes de três subsistemas,

[...] a gente tá sempre se ajudando, porque a gente sabe que o carro é um só, a gente precisa dos objetivos deles [...] são os mesmos e vice-versa, então uma tarefa que eu tenho para fazer eu sei que ela vai implicar no desempenho da tarefa deles e as tarefas deles vão implicar no desempenho da minha tarefa então sempre a gente se ajuda, muita gente [pensa] assim, o que é bom, só que não são todas, o que é ruim, mas a maioria das pessoas tem esse pensamento de sucesso coletivo, só que algumas poucas pensam, a minha tarefa e a sua tarefa, isso eu considero como prejudicial (E2).

Entretanto, como citado acima, não são todos os estudantes que apresentam esta predisposição ao alinhamento do trabalho em equipe. Como todo trabalho em grupo, obviamente, há divergências de opinião e de predisposição, mas também há o espaço para discussão,

[...] sobre as opiniões eu tento sempre levar em consideração a opinião de todos, porque muitas vezes vão ter opiniões que talvez possam trazer e agregar um ponto de vista muito valioso e que ninguém tinha pensado. Isso não é todo mundo que pensa dessa forma, alguns valorizam a própria opinião muito mais que a dos outros e isso pode não fluir tão bem quanto deveria (E2).

[...] na equipe, sempre tem opiniões divergentes [...] mas sempre, a maioria das vezes, o mais experiente, já conheceu várias situações aí ele não só dá opinião dele, dá uma visão melhor, nem sempre a opinião dele vai ser a melhor, mas a opinião dele dá uma visão e abre a situação, sempre os mais experientes arrumam um rumo para resolver o problema relacionado. Éh...nem sempre a minha opinião é a certa, eu tenho que, saber ouvir as outras opiniões, eu tenho que encarar, nem sempre eu consigo entender se ela é a melhor no começo, depois com a opinião dos mais experientes, conseguem expor o conhecimento aí eu consigo entender [...] nem sempre a minha opinião é a certa, eu tenho que, saber ouvir as outras opiniões, eu tenho que encarar, nem sempre eu consigo entender se ela é a melhor no começo [...] (E5).

O não-engajamento de alguns membros da equipe eventualmente é citado pelos estudantes, o que é um fator trabalhado constantemente pela equipe na figura do Capitão, como destacado por um dos estudantes, e, comentado por um ex-integrante ao se referir ao mau resultado que obtiveram na competição,

[...] já teve muito problema na equipe mas tá acabando...ah...problemas de algumas pessoas não terem comprometimento, e aí atrasaram algumas coisas, a gente marca um horário e a pessoa chega atrasada (E3).

[...] foi por conta de equipe que eles foram mau e ficaram em 9º mas não tão pior igual foi nessa nacional, é porque os caras não estão ajudando [...] não era grupo unido, estava na sobrecarga de alguns [...](E14).

Apesar de, eventualmente, haver diferenças de opinião, de posturas e pequenos conflitos em menor número entre os membros, relativos a “n” fatores - técnicos e não-técnicos - o que percebeu-se na convivência com a equipe é que são de pequena relevância, como apontado pelo E11, “[...] conflitos sempre tem alguns mas foram poucos, conflitos pontuais, todo mundo muito novo, imaturo tem hora, mas [a gente] sempre se relacionou muito bem”.

Ademais, o senso de união geralmente prevalece, como constata-se pelo uso recorrente do pronome “nós” ou da expressão “a gente”, o que indica o forte senso de equipe já mencionado. Assim, apesar de possíveis divergências inerentes na gestão de pessoas em projetos – e especificamente de jovens estudantes - o maior aprendizado é o do trabalho em equipe, mencionado por todos como um grande ganho para o futuro profissional, além de representar o resultado do trabalho coletivo como bem apontado pelo estudante,

[...] a gente mexe muito no carro e depois a gente vê que o carro está rodando, funcionando, isso ... seria isso, a gente tem um monte de problema, tenta resolver, fica um tempão mexendo e quando a gente vê que está funcionando, rodando, a gente sente emoção, é ver o trabalho rendendo um bom resultado. Eu acho que o carro é o espelho de todo o trabalho da equipe (E17).

O trabalho em equipe proporciona a interação e, como nos lembra Vygotsky (2010), é nas práticas sociais e pela linguagem que se dá a interface com a realidade, que ocorre o contato com o universo profissional, e conseqüentemente, o desenvolvimento de saberes requeridos pelo mundo do trabalho. Como descrito no Capítulo 5, no descritivo do estudo de caso, o trabalho em equipe se efetiva através dos encontros, das reuniões, do acerto das divergências e na busca pelo consenso, do trabalho prático coletivo na oficina, no contato com professores, patrocinadores, na competição, e é nestes momentos que a *interação* ocorre, ou seja, através da experiência e vivência no próprio projeto.

Neste sentido, o trabalho em equipe supõe a *relação interpessoal*, requer uma boa *comunicação* objetiva, e o respeito ao outro e às diferenças, o que em última instância, configura a equipe como um grupo que discute, pesquisa e trabalha suas ações integrada e coletivamente, visando a um bom desempenho na competição.

Pelo observado na pesquisa de campo, durante as reuniões, momentos informais, e na própria competição, o que se verificou é que há um forte aspecto relacional nesta experiência formativa, caracterizada por um ambiente cordial e de amizade entre os membros da equipe, como mencionado na fala dos estudantes,

[...] eu fui muito bem recebida, tive um apoio muito grande de todo mundo, dos mais experientes [...] comunicação era tranquilo, dava para conversar, todo mundo ficou muito amigo, era uma coisa de parceria, todo mundo se ajuda (E12).

[...] a gente se dá bem, se comunica bem, temos as reuniões semanais, quase todo mundo acaba sendo da mesma sala, temos matérias em comum, passamos muito tempo junto, na oficina e no CEFET, nos comunicamos bem no *whatsapp*, na oficina, nas reuniões. Me sinto à vontade nas reuniões, é aberto à falas (E4).

A interação também se dá obviamente com professores, visitantes especialistas, fornecedores e patrocinadores, ex-integrantes, e demais membros da comunidade acadêmica. Como relatado pelos estudantes em relação ao contato com ex-integrantes e a Professora Orientadora,

[...] tudo que a gente sempre precisou, era só procurar ela, ela é bem aberta a propostas, a ideias, e com os antigos era uma relação de respeito, principalmente (E3).

[...] quando eu entrei, acho que isso tem até hoje, a gente respeita muito os ex-bajeiros, os que já formaram, e eles sempre fomentaram a questão de não deixar a equipe cair, de deixar o projeto cair, levar o projeto, muitos participam, hoje em dia está um pouco menos mas até no começo da construção do 09 eles ajudaram muito, para não deixar o projeto acabar, porque cria tipo um paixão né ... quem gosta fica, mas assim, a comunicação, a relação sempre foi muito boa [...] (E11).

Por outro lado, os professores relatam,

[...] desde a primeira competição em que os alunos estiveram até lá em casa, para explicar as coisas, como é que fazia, como é que iria proceder, a partir daí eu mudei muito, pra melhor, no relacionamento com os alunos, no trato [...] minha atuação é amigável e sempre disposto a colaborar com as equipes sem nenhum problema, nunca houve problemas que eu tive que me impor como coordenador técnico, o conhecimento que eu tive nesses anos todos, eu preciso passar para frente [...] (P1).

[...] tem aluno que é mais fácil e tem os mais difíceis, a comunicação é boa [...] eu dou liberdade para eles chegarem e conversar comigo (P2).

Diferentemente das divergências já apontadas anteriormente, outro aspecto da interação são as diferenças de afinidades que tem impacto na convivência entre os estudantes, mencionadas neste ponto para demonstrar tanto a busca pela boa relação interpessoal, quanto a busca pelo consenso, como destacado abaixo,

[...] claro tem umas pessoas que você tem mais afinidades mas o objetivo final de todo mundo é o mesmo, e isso ajuda muito na convivência e na relação dos colegas da equipe (E7).

[...] encaro as opiniões diferentes da minha assim, tento explicar porque que eu acho que é uma coisa e a outra pessoa, me explica porque que ela acha que é a outra coisa, e tentamos chegar num consenso que nós dois achamos que faz sentido, tem tipo uma conversa pra gente conseguir normalizar, chegar num consenso (E4).

E, é justamente no exercício da convivência, da comunicação, das divergências e da construção de consensos e acordos que se dá o desenvolvimento de habilidades técnicas e não-técnicas. Como verificado nas observações de campo, há o respeito ao outro, ao direito a fala, e, há um ambiente propício à comunicação aberta, como percebido na fala do estudante,

[...] a relação entre pessoas é um ganho bastante grande, porque em ambiente de aula você não consegue ter esse dia-a-dia assim de relacionamento profissional com outras pessoas, a gente sabe que é difícil, acho que é uma das coisas mais difíceis, saber reconhecer o outro, saber ouvir, saber enfim, dialogar mesmo, trabalhar em equipe (E1).

E, conforme relatado por um ex-integrante,

[...] a comunicação era muito boa, era pequena a equipe, infelizmente não tínhamos celular e era nosso contato diário aqui dentro da escola mesmo, o respeito era alto entre os membros, e nosso meio de comunicação era a reunião mesmo. Sempre tive abertura dentro do Baja, é o lugar que a gente tem oportunidade de expor, praticar as ideias e constatar, o erro ou o acerto, aqui a gente pode errar com mais frequência, e sem constrangimento nenhum. Então, é um negócio complicado porque principalmente quando você tem duas vozes que tem perfil de liderança aí... começa a complicar, tem que ter muito jogo de cintura e política no relacionamento, aí entra o lado do engenheiro, contra fatos não há argumentos, você expõe sua ideia seu colega expõe a dele, então você prova que a sua é melhor que a dele ou ele prova a dele, então funciona assim e no final das contas a aceitação é mútua [...] (E15).

Assim, o trabalho em equipe, como já mencionado, e a interação que se supõe, se colocam como um exercício de relacionamento interpessoal, e verificou-se claramente pelas observações de campo, o respeito ao outro, a ética e o senso de corresponsabilidade em relação com o projeto como na fala do piloto ao se referir ao veículo, “eu falo que ele é um filho, eu tenho que ter essa responsabilidade, não é algo meu, é algo de 30 pessoas, eu estou dirigindo para 30 pessoas” (E13).

Outro aspecto muito demandado hoje em dia pelas organizações é a capacidade de ser flexível, a *capacidade de se adaptar a mudanças* e a processos dinâmicos, a situações e condições de trabalho complexas, aos imprevistos, e a engenharia em suas diversas áreas, por mais que busque uma planificação prévia - com projetos, previsões e simulações - não escapa a este cenário, tem que lidar com a *incerteza*. No projeto, é recorrente a necessidade de conviver com novos problemas ao que os estudantes têm que se submeter ou criar e reinventar

soluções, muitas vezes diante de restrições financeiras, técnicas, ou mesmo de ordem material.

A adaptabilidade às mudanças tem muito a ver com os saberes e com a atenção para com as oportunidades e situações que se apresentam, o que muitas vezes leva ao imprevisto ou, como disse um Professor, ao uso de “recursos tecnológicos emergenciais” (P1) uma vez que imprevistos na área de engenharia são normalmente de caráter técnico e, diante de restrições de tempo, busca-se contorná-los com soluções emergenciais. Trata-se de uma capacidade de lidar com imprevistos e, no projeto, é comum o estudante se deparar com situações deste tipo. Quanto a isto um dos estudantes nos reporta,

[...] não adianta, você vai projetar alguma coisa no carro, fazer, fabricar, [pode] dar errado, você tem que fazer alguma coisa ali não adianta, tem que fazer um recurso técnico [...] engenharia você vai ter que conviver com isso, se você for projetar e pôr a mão na massa vai conviver com isso, quem não convive com isso são só os professores que [...] está tudo no livro e vai funcionar igual ao livro, tipo assim [...] tem que encarar na boa, você tenta ao máximo não improvisar mas talvez, às vezes, você aprende mais, você pensa muito mais, você fala assim...nóh...não pensei nisso ...se vira...você se vira...você vai pensar em milhões de coisas ali...às vezes...você até fala, ainda bem que eu errei aqui e tive que solucionar isso. Pensei nisso e posso fazer isso no outro carro [...] (E14).

O relato revela a proatividade diante de situações inesperadas, e é exatamente na ocorrência destas situações que podem surgir descobertas e inovações, estas provenientes de se estar atento às oportunidades e necessidades. Como nos lembra Bachelard (1999, p.261) “para ensinar o [estudante] a inventar, é bom mostrar-lhe que ele pode descobrir”, assim, o projeto e a prática da oficina propicia um ambiente para esta atitude inovadora, como destacado abaixo,

[...] E10 era meio o mestre da improvisação sabe...eu olhava assim, e pensava como ele pensa um negócio assim, na última hora, na competição, tinha o mata [motor] que deu um problema, e ele consertou na hora em cinco minutos uma coisa que era pra ter feito em três dias, sabe...mas eu vi que isso tem muito a ver com a prática, quando eu entrei eu acho que eu não conseguia improvisar nada, mas agora eu acho que...se uma coisa não der certo eu acho que consigo substituir rapidamente, inclusive ontem, deu um problema no sensor do AVF⁴⁸ e eu consegui improvisar para funcionar hoje [...] (E8).

Esta capacidade de se adaptar a situações complexas ou imprevistas revela a capacidade de integrar saberes e de ver o todo e não somente as partes, e, é também um aprendizado; quanto a isto, a Professora nos aconselha, “não tem uma regra geral, depende de qual vai ser [o caso] eu lido bem, qual vai ser a atitude depende do que vai acontecer na hora,

⁴⁸ Aceleração e Velocidade Final.

eu penso muito em qual vai ser o resultado daquela ação” (P2). Esta capacidade é oriunda eminentemente da vivência prática, em estar disposto, predisposto e atento às situações, diz respeito a atitudes e está fortemente ligada tanto ao conceito de competência concebida por Zarifian (1995) quanto ao “*conhecer e refletir na ação*” da *epistemologia da prática* no pensamento de Schon (2000).

Considerando esta predisposição às situações, verificamos tal atitude na fala de um estudante quando perguntado se o teste de *Centro de Gravidade* que estava sendo realizado na oficina era do subsistema dele, quando este respondeu prontamente, “eu sou de todos os subsistemas” (E6), o que indica que a participação efetiva e prática não está restrita ao subsistema a que o estudante foi alocado, e também revela a sua predisposição e interesse em aprender num trabalho em equipe, ou seja, uma atitude proativa diante das situações e problemas que vão aparecendo no percurso sempre dinâmico, nunca estático. Não que o estudante já tenha que chegar ao projeto com tal característica, mas o projeto proporciona oportunidades de desenvolvimento neste sentido.

Outra característica do projeto CEFAST BAJA é a possibilidade de se exercer a liberdade de escolha e desenvolver um *senso de autonomia*, que sobremaneira reforçam a predisposição e a *atitude proativa* frente a situações desafiadoras.

Liberdade para escolher as configurações e alterações no veículo tanto na fase de projeto técnico ou pós-competição - quando os estudantes fazem melhorias no veículo visando aprimorar e sanar erros e falhas construtivas verificadas por eles próprios e aquelas apontadas pelos juízes da competição - quanto liberdade para escolher modos e meios de estudo, ferramentas e materiais a utilizar, os caminhos próprios de descobertas, ou seja, o estudante tem autonomia para pesquisar e investigar tópicos relacionados ao veículo. Nas reuniões da fase do projeto técnico foi observado, ainda, que há ampla abertura da equipe para os integrantes opinarem sobre os rumos do projeto, apresentando sugestões e mesmo críticas, como destacado pelos estudantes abaixo,

[...] você tem que olhar pro carro e buscar a melhoria, sempre tem algo a melhorar. O projeto nunca está pronto, sempre tivemos liberdade para criar algo, é o ambiente para isso (E11).

[...] sempre podia contestar, criticar, dar sua opinião, mesmo que não mudasse a opinião, pelo menos era aberto, tinha essa possibilidade (E12).

[...] o caso do *software*, eu tentei usar outro que eu estava achando melhor e eu fui por minha conta aprender ele. Usavam o *Femap* e achei o *Ansys* bem mais fácil (E4).

As escolhas também acarretam consequentemente tópicos de estudos e pesquisas de melhoria, e neste sentido as escolhas significam o exercício da autonomia, da tomada de decisão, e por consequência, deste percurso advém o aprendizado de saberes em decorrência dos estudos e das interações. Essa liberdade proporciona um avanço voluntário e a descobertas em áreas de conhecimento escolhidas, como destacado pelo Estudante 8,

[...] eu e o E5, olhamos um para o outro e perguntamos, o que você gostaria mais de fazer, o E5 é melhor em telemetria e eu com sensores. Mas acaba que a gente tem que ensinar um pro outro tudo, sabe, é ruim um só ficar com tudo. Éh...eu sabia pouco de chicote, então peguei o chicote para saber mais e ele nunca tinha construído uma placa, e eu já sabia, e ele então ficou de fazer as placas, nós buscamos áreas que a gente não conhecia direito (E8).

A despeito de que as escolhas não são totalmente livres, pois há uma série de condições e regulamentos da competição, além de restrições financeiras e técnicas na construção do veículo a que os estudantes e o projeto estão sujeitos, é neste espaço, nesta margem de manobra, que em conjunto com a proatividade do estudante, pode aflorar a criatividade e surgir inovações, assim já como mencionado com relação à capacidade de adaptabilidade a mudanças e aos imprevistos.

A autonomia é também relativa à capacidade de executar estudos autonomamente e executar tarefas práticas com confiança, de aprender a tomar decisões pessoais, como apontado nos depoimentos abaixo, e o projeto proporciona situações para tal desenvolvimento,

[...] quando ele tiver maior conhecimento ele vai poder fazer com autonomia (E10).

[...] sempre tento resolver por mim, pra saber se eu vou conseguir ou não, se ver que não, aí peço ajuda. Depende do caso [...] tem que aprender que tem que fazer coisas por conta própria depender menos de professor, sempre correr atrás (E4).

Entretanto, o fazer autônomo do estudante não ultrapassa a noção de corresponsabilidade da equipe, como mencionado pelo estudante E1,

“[...] se for uma coisa simples que realmente eu já fiz alguma vez que sei que vai dar certo eu tento resolver, se tiver confiança, se o problema não depender só de mim e envolver outros fatores de responsabilidade maior, tem que ser discutido com outras pessoas”.

Quando perguntados se a vivência no projeto havia alterado sua forma e a sua capacidade de estudar autonomamente, apesar de ficarem no escritório e oficina grande parte do tempo envolvidos no projeto, a grande maioria dos estudantes apontou que,

[...] realmente, eu esperava que no momento que eu entrasse na equipe eu precisaria de mais monitoria, que iria ter dificuldade, mas pelo contrário eu consegui gerenciar meu tempo, a estudar sozinho [...](E1).

[...] melhorou muito porque o Baja desenvolve a pro atividade, porque como eu não tenho professor de Suspensão e Direção quem tem que correr atrás sou eu [...] (E13).

[...] alterou porque, quando você entra no CEFET, na maioria das faculdades você ainda vem com a mentalidade do ensino médio, que o professor vai te ensinar tudo, e a primeira coisa que você aprende aqui, é que o professor, ele te mostra o que você tem que estudar, simplesmente te dá o caminho, se você não chegar em casa e não estudar, não fizer nada, não adianta nada, e com o Baja [...] hoje eu vou nas aulas presto atenção, só que eu já tenho pra mim que eu tenho que estudar sozinho em casa, é uma coisa que eu aprendo muito sozinho [...] (E3).

[...] acho que no Baja, você tem que estudar por si mesmo, não pega o negócio pronto então você cria esse costume [...](E9).

Assim, percebemos nas observações de campo, que o senso de autonomia e o senso de liberdade são dois fatores que contribuem muito na proatividade, na busca por conhecimentos e nas descobertas. Aliás, o conhecimento agregado no processo de aprendizagem é geralmente transposto para a autonomia das escolhas individuais e para a execução de atividades com confiança.

Nesta categoria de análise – saber ser e saber agir transpostos para atitudes - encontramos fatores mais subjetivos, como a *motivação pessoal, interesse e curiosidade, a emoção e prazer*, que são forças motrizes para o empenho pessoal e, neste sentido, considera-se que tais fatores acarretam uma carga maior de afetividade e significação para o processo educativo e de formação, além de serem catalisadores de atitudes como as já mencionadas, trabalho em equipe, comunicação, flexibilidade, responsabilidade, autonomia e proatividade.

Percebeu-se nas observações de campo e nas entrevistas a forte dimensão emocional e a relação que os estudantes criam com o veículo, com os colegas de equipe e com o trabalho realizado no projeto. Pelos depoimentos, constatou-se que as motivações para entrar na equipe são várias, desde fazer parte de um projeto e de projetar um veículo, de alcançar um crescimento pessoal, e, naturalmente a busca e agregação de conhecimentos técnicos além da prática profissional para o futuro, como declarado pelos estudantes abaixo e por um dos professores,

[...] a princípio era complementar o aprendizado que é muito teórico dentro da engenharia, e faltava um pouco de aplicação, de conhecimento, de prática (E15).

[...] eu sempre fui interessado em montar e desmontar as coisas desde pequeno e aí eu vi isso no Baja e que eu tinha uma oportunidade de aprender mais e de fazer o que eu gosto (E10).

[...] vontade de aprender a mexer com a engenharia aplicada à um veículo [...] e da gente construir sozinho, pela vontade de aprender [...] ainda estou para fazer o melhor próximo projeto estrutural, quero ficar até acabar o próximo carro, o 10, quero fazer o projeto dele no computador [...] (E4).

[...] eu sempre gostei de carro, de competições, e quando fiquei sabendo que o CEFET tinha as equipes, o BAJA foi o que mais interessou por causa do *rally*, me atrai muito e o principal é o de aprender coisas novas, que o curso não oferece nas aulas teóricas, numa coisa mais prática, a mexer mesmo em oficina, foi isso [...] (E7).

[...] o que é mais marcante é que uma boa parte deles, tem uma ânsia por conhecimento, o desejo de buscar conhecimento e obter a prática sobre algumas coisas [...] (P1).

Vale ressaltar que a motivação também se faz presente no professor orientador, cuja participação tem um impacto sobre o desempenho da equipe, e cuja importância será discutida na categoria de análise seguinte. Conforme o Estatuto da Equipe, o Professor Orientador é escolhido pela equipe, obviamente com o aceite pelo próprio professor, uma vez que é esta uma função voluntária, e quanto a isso a atual orientadora declarou suas razões,

[...] eu já conhecia fora daqui, é um projeto que tem um diferencial, os alunos são diferenciados, e foi uma forma de me aproximar dos alunos e conhecer o universo do CEFET, e eu quero ver resultado também, eu gosto e acho que é o principal, eu trabalho na base da motivação, tenho que ter motivação e meta, a motivação é que eu gosto do projeto, do ar, do *bajeiro*, é muito legal e fico feliz com aquilo, então, é algo que eu não faço por obrigação, e é diferente de sala de aula, a relação com o aluno é mais próxima [...] (P2).

O aprimoramento da equipe e do projeto do veículo também são motivações, acarretando um senso de responsabilidade pessoal com relação ao projeto, o que foi percebido claramente, principalmente após um mau resultado na última competição nacional, como percebemos na fala do estudante, “acho que devo algo a equipe não posso sair deixando a situação que ficou, essa é minha maior motivação (E9)”.

Assim como já mencionado em relação ao descompromisso eventual de alguns participantes, a falta de empenho e de dedicação caracterizam a desmotivação, como percebido na declaração do E9, “falta isso para alguns, abraçar mais a equipe, vestir a camisa realmente (E9)”. Quanto a este fator, e a preocupação com o que pode ter de impacto no desempenho da equipe, o Capitão declara,

[...] eu tento ao máximo, tento trazer a pessoa, mostrar como a equipe é importante, mostrar que tem um ganho pessoal e profissional, porque é a questão complicada da motivação, muitos me falam que não tem como motivar uma pessoa, é subjetivo, agora, até um ex-capitão me disse, a questão não é motivar e sim inspirar, trazer inspiração talvez a pessoa se motive a continuar [...] porque o CEFET, nossa carga horária é muito pesada e acaba que a equipe, o projeto não é simples, a gente tem um nível que não é só construir um carro, exige um conhecimento maior, mais

dedicação de estudo, saber mexer nos *softwares*, acaba que é muito pesado para a maioria, então se não partir da motivação de muitos fica difícil trazer para equipe, eu tento mostrar que a equipe é importante, que precisa de ajuda, se a pessoa quer ela tem total liberdade de participar de construir projetos lá dentro [...] (E11).

Isto é verificado também na fala da Professora,

[...] eu percebi que após a competição, estavam muito desmotivados todos, foi muito desmotivador, e percebi que a mudança de pessoas, de membros dá um outro clima, melhora a equipe [...] tem duas coisas, a entrada de novos alunos motiva os antigos, e eu cobre muito no início, isso eu achei que desmotivou um pouco mas ao mesmo tempo eu achei que quem não estava afim, saiu, sabe, então foi bom, porque quem ficar tem realmente que querer, tem que querer [...] e o Baja uma coisa que motiva muito é a participação nas competições, eu tinha falado que não íamos participar da regional, só que eu mudei de ideia, ele vai participar, eu percebi que isso motiva, está todo mundo motivado [...] (P2).

Entretanto, e por outro lado, a motivação aliada à autonomia e liberdade já mencionadas, reforçadas pelo interesse e curiosidade são fortes fatores que proporcionam o aprendizado e favorecem descobertas pelos estudantes, no sentido de Bruner (1969),

[...] sempre tive um interesse por carros, isso é bem comum em quem faz Eng. Mecânica, eu sempre gostei muito de fazer e construir as coisas e tentar entender como elas funcionam, e essa oportunidade de aplicar os conhecimentos de curso na prática [...] (E2).

[...] ah, hoje tem muita gente muito focada com muita vontade de fazer, de crescer, e tinha uns que antigamente, você via que a pessoa era Baja, Baja, o dia inteiro, e eu era uma dessas pessoas que pensava em Baja o dia inteiro. Muito focado [...] você ia com o problema para casa e ficava martelando o problema o dia inteiro para chegar numa solução [...] (E9).

São vários os depoimentos que enfatizam a emoção, o prazer e a afetividade com relação ao projeto, à sua história, à equipe e às amizades feitas, em representar o CEFET-MG, enfim, ao sentimento de pertencimento e de identidade que ser um “*bajeiro*” confere, como destaca um ex-integrante e um professor,

[...] primeiro eu não sou ex-bajeiro, sou bajeiro, uma vez bajeiro, bajeiro até morrer, e tenho o maior prazer, em ajudar a equipe, em vir aqui, ajudar e contribuir com trabalhos correlatos né, dar opinião, enfim, eu tenho um Baja, não anda não, mas tenho, está faltando uma restauração, tem tudo, falta montar... (E15).

[...] essa experiência é mais humana do que realmente técnica, a experiência, a relação com os alunos é fantástica! (P1).

Mesmo sentimento reiterado pelos estudantes abaixo quando perguntados sobre a emoção em fazer parte da equipe,

[...] isso aí...essa entrevista vai até amanhã, acho que cria um sentimento de falar que eu sou bajeiro, de todo mundo te reconhecer na Universidade, até quem é de outras

universidades, todo mundo sabe o que é ser um bajeiro, é um negócio muito doido, vira uma paixão esse negócio, é algo...vira uma paixão cara, é muito bom andar no carro, é assim, a gente projeta, um dos objetivos é entreter e realmente andar nele é muito legal. Como tem essa coisa de equipe, o espírito da equipe, a equipe tem uma história, dos casos antigos, isso vai te dando orgulho de participar, de querer participar e querer fazer, é algo...é muito legal. O carro, não é só um carro, representa muita coisa, o tanto de trabalho que a gente empenha para ter o carro, o tanto que a gente corre atrás de patrocínio, de verba, a dedicação acho que ele significa dedicação não só de quem construiu mas de toda uma história por trás, é sempre...tem um significado, é além do próprio carro, não é só montar um carro (E11).

[...] a emoção é muito grande, éh...assim, é um...acho que...é inexplicável esta experiência, você ser um bajeiro, se considerar um membro dessa equipe que é um das mais reconhecidas do país, é um prazer...vai levar para vida toda, eu vou contar pros meus filhos, netos, eu fui um bajeiro [...] (E7).

Estes aspectos em conjunto - a motivação, o interesse, a curiosidade, a emoção e prazer - são perceptíveis na realidade da equipe, a despeito de todas as falhas, erros, e das eventuais desmotivações. Ressalta-se, aqui, que a participação no projeto é voluntária, o que por si só já representa um indicativo da predisposição do estudante para aprender. Tais fatores - a predisposição e a não-obrigatoriedade - aliados ao fato de a experiência ser substancial no sentido de representar algo importante e de ser valorizada pelos estudantes, caracterizam a aprendizagem como significativa no sentido de Ausubel (1968) e de Novak (1981) como visto no Capítulo 3. Ademais, o aprendizado é significativo e possível, porque o veículo representa uma realização e crescimento pessoal, em termos de conhecimentos técnicos e não-técnicos, como bem declarado pelos estudantes ao serem perguntados sobre o que o veículo representa, o que significa fazer parte do projeto e qual era esta sensação,

[...] oh...não tem como explicar, isso eu acho que é uma coisa que quem está ali entende, porque é muito...se eu me propus a ser Baja, em três anos, eu fiz da melhor maneira que eu consegui, hoje eu saí, mas eu tenho que seguir outros caminhos, a gente tem que crescer e amadurecer neste aspecto, foi uma fase da minha vida muito importante que eu dediquei um tempo muito grande nisso, a emoção é sensacional, não tem nada melhor que isso (E3).

Muito boa...fazer parte da história, contribuir de certa forma em alguns aspectos na melhora do projeto, a emoção é grande, de amor, de realização, de conquista. O carro significa o resumo da obra. O conjunto de cada subsistema, a consolidação de tudo, de todo o trabalho realizado (E1).

Enfim, as observações de campo e os depoimentos revelam que o projeto proporciona e favorece um ambiente de aprendizagem onde a motivação, o interesse, a curiosidade, aliados à emoção e ao prazer, reforçam o desenvolvimento de competências não-técnicas tais como a capacidade de trabalho em equipe, de interagir, a flexibilidade, o senso de autonomia e liberdade, dentre outras.

6.4 A experiência de aprendizagem

A *aprendizagem* é um processo evolutivo de incorporação e de abrigar em si uma potência efetiva para realizar algo ou, como nos lembra Houdé, “consiste em modificar a capacidade de realizar uma tarefa a partir de uma interação com o ambiente” (HOUDE, 2011, p.45). Uma experiência educativa transformadora é a introjeção desta capacidade pelo indivíduo, perpassada pelas suas percepções da realidade concreta, da interação com as pessoas e fatos, de suas ações e correções de erros, bem como de outros fatores intervenientes ao processo educativo, processo este dinâmico, pois em seu percurso dá-se a construção de conhecimentos, habilidades e atitudes.

Dewey, por sua vez, nos lembra que a aprendizagem é o produto da dinâmica da interação do indivíduo com todos estes fatores – as condições objetivas externas e as condições subjetivas - consistindo a interação na “*estrutura da experiência*” educativa (DEWEY, 1979, p.44), e esta possibilitando a reconstrução contínua da realidade num processo de crescimento.

Como já destacado, no caso do projeto CEFAST BAJA, a experiência está vinculada à vivência ativa e coletiva no enfrentamento de problemas, à interação dos participantes, ao contexto institucional, à possibilidade de integração teoria e prática, à experimentação e aperfeiçoamento contínuo, e ao aprendizado. Fundamentalmente, os problemas são o ponto de partida de todo o processo educativo da equipe, desde a concepção do veículo, seu desenvolvimento e construção, à participação na competição, promovendo assim um contínuo processo de aprimoramento e crescimento, e consequentemente, o *aprender a aprender*.

As observações de campo permitiram constatar que a experiência educativa do projeto proporciona o desenvolvimento de características abordadas e analisadas aqui neste capítulo por meio das quatro categorias de análise tomadas como conceitos-chave. Diferentemente das categorias analisadas anteriormente, o exame desta categoria – a *experiência de aprendizagem* - possibilita compreender os objetivos desta pesquisa como um todo, englobando o saber fazer, o saber pensar e o saber ser e agir, e para tanto, considerou-se pertinente referenciar e abordar uma situação problema vivida: o mau desempenho da equipe

e do projeto CEFAST BAJA obtido na última competição nacional em abril de 2016, quando a equipe ficou na 45ª colocação, frente ao 9ª do ano anterior. Trata-se de uma situação-problema emblemática, representativa de uma sequência de falhas, fatores intervenientes e vários problemas passados, em um só.

Ainda que apontar erros e falhas possa trazer desconforto para os participantes do processo, tratemos então, a partir desta situação, de examinar suas causas e seus desdobramentos em relação ao processo de aprendizagem, pois, como nos lembra Kerzner (2006, p.788), “as únicas verdadeiras falhas são aquelas onde nada se aprende”. Assim, dada a situação problema, a análise desta categoria – a experiência de aprendizagem – contemplará as subcategorias de análise apontadas no QUADRO 10, porém, seguirá o roteiro textual: a) os fatores e problemas; b) o que foi feito e por quem; c) como procedeu-se, e finalmente; d) o propósito da experiência.

6.4.1 Os fatores e problemas

Basicamente, verificou-se na competição que o veículo apresentou falhas e problemas relativos ao projeto técnico, à sua execução, e na organização da equipe, como: atrasos por motivos internos e externos; displicência quanto a item do regulamento; ineficiência de subsistema; e falha na execução do projeto técnico. Tais problemas configuraram a situação e resultaram no mau desempenho da equipe. Na verdade, as causas são antecedentes à competição e dizem respeito ao trabalho da equipe como um todo.

Um dos problemas foram atrasos por motivos externos, mas também motivos internos que acabaram impactando tanto no cronograma e desenvolvimento das atividades com sobrecarga de trabalho, quanto no ânimo e motivação dos estudantes, como visto nos quatro relatos abaixo,

[...] erro de dimensionamento ou erro de execução, tem muitos, pra desenvolver nós tivemos muitos problemas [...] o atraso do amortecedor que não é um problema técnico, é um problema de logística, chegou um mês faltando para competição, foi um fator crítico para o nosso resultado e entre outras, o principal foi uma motivação em geral da equipe, que não é do carro [...] (E3).

[...] da parte do projeto, aparece problemas de prazo, de horário, fornecedor não cumpre, às vezes a gente depende, por exemplo, que uma etapa seja concluída para concluir a outra e se uma etapa não é concluída vai atrasar o processo, gera um problema que encadeia e na parte da produção, da construção do projeto, seria de desenvolvimento, a gente tem às vezes, problema de...a pessoa está com falta de interesse e atrasa o projeto, enfim, o maior problema é atraso e imprevistos, lógico, mas se a gente está no prazo, a gente tem uma margem de erro para poder quebrar uma peça, testar [...] se foge do prazo perde-se isso (E10).

[...] durante o projeto, chegou no final, chegava um ponto que o freio para terminar precisa do chassi, o chassi para terminar precisa do freio então nenhum dos dois andava e começou a criar problemas desde o projeto [...] o E3 abraçou tudo e não deu conta, foi isso que aconteceu na minha visão [...] durante a construção apareceu alguns problemas, falta de estrutura que algumas coisas não possibilitou construir direito, o atraso é só uma desculpa, se não tivesse o atraso, estaria do mesmo jeito. Ia aparecer os problemas porque a gente não tinha condições de fugir deles, e...eu acho desde que começou a construir sem o projeto estar concluído, foi sendo concluído ao longo, então os problemas foram aparecendo, juntou o atraso do fornecedor, a peça não chegava, o carro [...] tinha muitas coisas pra fazer mas não tinha mais tempo, não teve teste [...] (E9).

[...] nos perdemos um pouco na parte construtiva, na montagem, por causa de prazos, de fornecedores, peças que não chegavam e isso atrapalhou muito e o resultado foi mostrado na competição...faltou organização, não deu tempo de fazer teste, a gente construiu mas não testou, isso foi ruim [...] (E10).

Os relatos revelam que, por mais que se planeje um projeto, este está sujeito a fatores intervenientes externos, como a entrega de componentes por fornecedores, que no caso, acarretaram o atraso na montagem do veículo, e a não-realização de testes de validação prévios a competição. Ademais, há que se ressaltar o trabalho de gestão da equipe e da gestão do projeto técnico que podem ter sido prejudicados sobremaneira pelos atrasos, impactando o ânimo, motivação, comunicação e a interação eficiente.

Houve problema na comunicação interna da equipe e também houve “coisas que tinham que decidir e não foram decididas” (E11), bem como a tomada de decisão emergencial motivada pela restrição de tempo e de recursos financeiros. Houve falha na comunicação efetiva, na metacomunicação, ou seja, na transmissão de mensagem clara e sem margem para dúvidas entre os envolvidos, como destacado abaixo quando o estudante menciona o problema do eixo no *powertrain* / caixa de redução,

[...] eu conversei com o W, o cara que me deu todo o suporte [...] conhece tudo de processo, e ele me disse: você me falou mas que eu não imaginei um problema como isso, não parecia ser um problema. Então por isso, da forma como eu expus, a comunicação, não ficou claro, não ficou claro que poderia dar defeito e eu não imaginei [...] (E3).

É por meio da interação mediada pela comunicação interpessoal que se dá também o processo educativo e de trabalho, e tal fato teve impacto negativo na execução dos

processos de trabalho da equipe. Neste aspecto, há forte vinculação com o saber *ser* e *agir*, bem como competências atitudinais, já mencionadas, pois a disposição pessoal, a comunicação efetiva e o discernimento no enfrentamento de problemas são fatores cruciais para se resolvê-los.

Um segundo fator com impacto negativo no resultado foi a inobservância ou displicência quanto a itens do regulamento da competição, caracterizando inconformidades do projeto técnico ao regulamento, como no caso do mau posicionamento da barra de sustentação do volante e das medidas mínimas de espaço. O regulamento prescreve que deve haver uma distância mínima de três polegadas de vão entre o corpo do piloto e a estrutura em tubos de aço – o chassi – e tal descuido gerou *re-check*, conforme relatado abaixo,

[...] às vezes o dimensionamento de alguma peça pode ser um problema [...] a barra do volante que a gente achou que a distância estava boa só que não estava, estava muito próximo da canela do piloto, teve que mudar (E4).

[...] o tubo do volante, teve que tirar, a gente fez um reto no Instituto Tecnológico de Aeronáutica, para correr o enduro, foi difícil...tem problemas que é de projeto, aí tem que modificar o projeto pois quando você vai construir você viu que não era aquilo, que deu errado, aí tem que mudar a geometria...isso é coisa que, o carro estava pronto e aí chegamos lá na hora e viu que era um erro de projeto [...] eu acho que...passou, foi, podemos dizer que foi displicência porque não tem no regulamento que não pode, foi até uma discussão na hora, mas vimos que estava bem perto mesmo, e o volume interno do carro ser pequeno, ficou muito perto [...] (E7).

Independentemente se o problema era aceitável ou não, se dependia da visão do juiz ou não, se foi azar, o fato é que não passou na Inspeção Técnica de Segurança. Em encontro com os estudantes do Subsistema Estrutura, estes reconheceram que o problema foi causado por displicência ao regulamento, e que somente foi detectado na competição. Além disso, ao acompanhar uma inspeção técnica prévia no dia da viagem à competição, inspeção esta realizada com o auxílio de um ex-integrante, este apontou outros itens como a localização do número do carro e fixação do chapéu que estava abaixo do nível da carenagem, bem como o suporte de fixação do botão mata-motor que estava com *velcro*, porém estes itens foram acertados na mesma hora. Outro fator, que não constituía exatamente uma inconformidade, foi uso do *tablet* como painel de controle e dos sensores do veículo, recusado pelo juiz de prova, pois este alegou que quando o mata-motor é acionado, todo o veículo deveria desligar, e o *tablet* não desligava, pois não há conexão deste com o motor.

Destes fatos, o principal foi o impacto negativo do posicionamento do tubo de sustentação do volante, pois não passaram na Inspeção de Segurança, e o problema não foi sanado dentro do prazo do *re-check*, o que acarretou a não-participação das provas dinâmicas

de Manobrabilidade, *Suspension & Track*, e Aceleração e Velocidade Final, zerando estas notas no computo geral.

Outro problema no dia da competição foi no sistema de freios, como nos lembra o estudante com relação ao Teste de Frenagem, “falhou para frear, mas acabamos passando no teste, era um problema da linha que não vimos, uma rachadura na solda (E5)”. Além da rachadura na solda da linha de freio, posteriormente relatou-se um mau posicionamento da válvula do sistema. Conforme o Regulamento da Competição, exige-se como requisito técnico que as quatro rodas travem simultaneamente, e o teste no dia da competição foi repetido sete vezes, sendo necessário o retorno do veículo ao *box* para sangria do fluido – retirada de ar do sistema hidráulico - e regulagem geral do sistema. Como já mencionado, motivado pelos atrasos, o veículo não foi submetido aos testes necessários prévios à competição, testes estes que poderiam ter remediado o caso da ineficiência do sistema de freio.

Como em todo projeto técnico, por mais que se planeje e tente monitorá-lo, ele está sujeito a falhas, desvios de escopo e improvisações, e neste sentido, outro problema verificado com impacto significativo foi na execução do projeto técnico. Nesta fase, quando não são imprevistos, a maioria dos problemas são erros e falhas passadas que emergem e precisam ser solucionados, como o episódio do eixo do *powertrain/caixa de redução* mencionado abaixo, “[...] erro de dimensionamento ou erro de execução, tem muitos...tivemos problema na caixa de redução, o eixo, mandamos a cota errada, tivemos que adaptar por falta de tempo, não era o ideal [...]” (E3).

Tal episódio, o de enviar um desenho com a medida errada para usinagem, configurou um erro construtivo e a peça ficou em desconformidade com o projeto técnico. A peça usinada - um eixo de transmissão vinculado à caixa de redução - foi aceita e por falta de tempo, e na iminência da competição, foi adotado um recurso tecnológico emergencial. Como decorrência, obteve-se mau desempenho no enduro, uma vez que o veículo parou na primeira volta, pois o pino/bucha de fixação localizado no eixo quebrou, impossibilitando a transferência de torque para as rodas. Ou seja, imprevistos em pontos críticos e em detalhes, como mencionado por um ex-integrante, “[...] coisas de mecânica, tem os defeitos mecânicos por conta de detalhes de projeto, tenta economizar demais [...] e aí alguns componentes quebravam, mas o pior são os componentes que quebram por acidente [...]” (E16).

Enfim, a construção do veículo apresentou algumas inconformidades. O ambiente e o propósito do projeto possibilitam a experimentação com a ocorrência de falhas e erros, e como nos lembra um estudante, “aqui a gente tem tempo para errar, refazer, ir e voltar” (E15).

Com relação aos erros, o que se verificou nas observações de campo, é que o erro é considerado aceitável, e geralmente suas consequências são socializadas – compartilhadas – pela equipe, como apontado pelo estudante,

Depende do quão errado for, acaba que todo mundo veste a camisa independente do que for, mas está diretamente relacionado à discussão a partir do momento que se discute um problema e tenta resolver com consentimento de todo mundo, e a pessoa faz, pode ser que se vier algum erro, todo mundo está consciente, o erro é de todo mundo (E1).

Porém, montar um veículo é um processo complexo e requer que o estudante futuro engenheiro se conscientize de todos os riscos ao desenvolvimento do projeto e se habitue à coordenação, integração e precisão que um projeto técnico bem-sucedido requer. Considerando a necessária integração dos subsistemas, tendo em vista a visão do *todo* como vimos em Morin (2010), um ex-integrante aponta a necessária boa gestão do projeto visando se alcançar um veículo dentro do escopo inicial,

[...] o líder do subsistema de motor e o de elétrica ou de suspensão eles tem que trabalhar em conjunto, não adianta tentar fazer o seu, que o carro não vai ficar pronto, você tem que integrar tudo, ou seja, o Gerente de Projeto e todo mundo tem que estar ciente do que está acontecendo, e isso é o que sempre dava problema porque sempre tinha atraso, e gente que não tinha ideia do todo e pensava em resolver só o dele, sempre, aí a pessoa aprender a trabalhar em equipe é isso né, é ver o todo, porque vai impactar no carro [...] (E16).

As falhas e problemas apontados revelam que um projeto nunca é perfeito e também nunca está pronto, aliás, a competição marca o último dia de um projeto técnico, pois este reinicia-se imediatamente ao se encerrar a competição. O projeto está sujeito a falhas e problemas e, no caso do CEFAST BAJA, representam o ponto focal do processo de aprendizagem, que no passo seguinte à detecção dos problemas é levado à avaliação e discussão em reuniões visando a melhorias e aprendizado.

6.4.2 O que foi feito e por quem

Pode-se considerar a competição como o momento da entrega de um “produto”, de um trabalho realizado e de um processo de aprendizagem, sendo que após as competições

o que se faz são as *reuniões de avaliação*. Neste caso, avaliou-se o mau desempenho experienciado e deflagrou-se um vigoroso trabalho de reestruturação da equipe e de revisão do projeto, o que consequentemente configurou um ponto de partida para o desdobramento de processos de correção e aprendizado. Processos estes com estreita correspondência às características e ao roteiro básico da PBL descritos nos QUADROS 4 e 5 do Capítulo 4.

O exercício de avaliação é a reflexão da equipe sobre todos os aspectos e se realiza no encontro da reunião, na interação entre os pares e no trabalho em equipe, trabalho este de discussão, apresentação de fatos geradores, causas e suas consequências, ou seja, a reunião é onde se discute o projeto em termos técnicos, “o que foi feito, o que tem pra fazer, o que deu errado, o que deu certo, opiniões diferentes de pessoas que querem fazer algo diferente, mudar as coisas, é muito importante, é o momento de discutir o projeto com a equipe inteira (E7)”.

Neste sentido, a pesquisa de campo permitiu verificar a participação ativa dos estudantes opinando, ponderando e apontando falhas, o que enriqueceu a discussão de ações corretivas e melhorias. E, nesta fase pós-competição, a figura e as tratativas conduzidas pela Professora Orientadora foram cruciais na exposição de uma situação-problema e para apresentar possíveis caminhos e direcionamentos, guiar, aconselhar, incentivar, e retomar o trabalho de equipe no projeto. Apesar de o projeto ser conduzido, desenvolvido e construído pelos estudantes, um deles destaca a importância do papel do Professor para o projeto neste sentido,

[...] é um papel bem importante, de orientar mesmo, porque é bom você ter contato com alguém que é mais experiente, até experiência de vida, para te guiar, para algumas coisas que...não sei...para gente parece algo difícil e tal, mas com a sabedoria de algum professor, dá uma ajuda, um norte, dá um jeito na equipe se alguma coisa estiver desandando, ter um papel crítico para ajudar e esse papel de guiar mesmo, porque se você está perdido, [tem] muita gente inexperiente que não sabe lidar direito [...](E12).

Como visto nos Capítulos 3 e 4, a figura do professor é indispensável como referência para os estudantes em todos os sentidos. Já na primeira reunião, reconheceu-se a corresponsabilidade e o descontentamento de todos com o mau resultado. A professora reconheceu a relativa ausência no acompanhamento do projeto, assim como os membros da equipe reconheceram suas atuações.

Considerando a atuação da Professora no período pós-competição, os estudantes destacam,

[...] ela tenta trabalhar com a gente, a responsabilidade que é ter o projeto, orientar o projeto (E11).

[...] ela está em cima, acompanhando, mudou completamente, está muito bom o que ela está fazendo, mais presente. Precisa (E10).

[...] muito importante, porque a gente não tem a quem recorrer se precisa de alguma ação externa e ela tem conhecimento da área dela de solda, isso é muito importante no projeto [...] e tem a pessoa que guia o projeto, para não deixar a galera dispersar porque muito por conta do último resultado, ela teve que botar o pulso mais firme para não deixar a galera se perder, perder a autoestima no projeto [...] (E7).

[...] quando a Professora entrou, ela melhorou muito e depois da competição melhorou mais ainda, é uma coisa que a gente não tinha. Quando era o Professor X ele não entrou no nosso box, ele [...] quase que se perguntasse a cor do carro ele não saberia, ele foi lá pra assistir [...] (E9).

Estudantes também reconheceram suas participações, como se pode observar numa das falas,

[...] a construção eu acho que ela foi guiada de forma errada, pouca gente sabia de tudo que tinha que ser feito e tinha gente [...] que não sabia de nada que tinha que ser feito e ficava meio que à-toa [...] (E9).

Dado este momento de reconhecimento das atuações, insatisfações e falhas, como já dito anteriormente, procederam-se às reuniões que são o ponto focal da equipe e neste período pós-competição nacional, a Professora Orientadora conduziu as reuniões subsequentes em um cronograma temático para a avaliação por partes: em 06/04/16 para avaliação geral, quando cada subsistema apresentou suas considerações sobre falhas e problemas enfrentados, bem como procedimentos e estudos necessários para saná-los. Nesta ocasião, discutiu-se ainda um cronograma e planos de ação futuros, tendo como base o problema mais grave e crítico, e definiu-se que os outros subsistemas deveriam trabalhar dentro deste prazo, ou seja, o prazo crítico definiria os outros; em 11/04/16, para discutir notas nos relatórios técnicos e apresentações, momento em que foram revistos e avaliados estes dados; em 25/04/16, reunião sobre a regulamentação da SAE, momento em que a Orientadora enfatizou que todos deveriam conhecê-lo a fundo; em 02/05/16, reunião de avaliação e inspeção real do veículo na oficina para verificação de inconsistências e da viabilidade de resolução das falhas mecânicas e de projeto; em 06/05/16, sobre o próprio cronograma, a escassez de recursos motivada por atrasos em bolsas desde janeiro daquele ano, e os custos das ações corretivas; em 13/05/16, revisão de cronograma e ajustes no veículo para participação na competição regional; em 03/06/16, o Gerente de Projetos ponderou e discutiu as prioridades no cronograma do veículo; em 17/06/16, fez-se diagnóstico e avaliação do cronograma, repassou-se e discutiu-se pendências e soluções para cada subsistema, quando

a equipe concordou e estabeleceu a data proposta pela Professora - 01/08/2016 - para que o veículo estivesse pronto, ou seja, com todas as pendências sanadas para realização de testes e melhorias. Ressalta-se, aqui, que estas reuniões se desdobraram em atividades que guardam correspondência com o Roteiro PBL sugerido e com os Sete Passos da PBL constantes no QUADRO 6, Capítulo 4.

Em um dos encontros, a Professora abriu a reunião questionando: “por que erramos?” Solicitou-se aos estudantes repensarem as falhas, afirmando que não se pode incorrer nos mesmos erros, foi questionado o que se pode melhorar no veículo, estabelecendo uma nova fase do projeto. Dentre os motivos, a Professora apontou a questão da regulamentação da competição e suas atualizações, que precisam ser de conhecimento de todos. Houve intervenção e discussão de estudantes que passaram suas impressões, pontos de vista, considerações sobre fatos, inclusive lembrando que a prova de regulamento deve fazer parte da seleção para ingresso na equipe, além de a professora enfatizar que não poderia mais haver falhas quanto ao conhecimento pleno do regulamento.

Obviamente, poderíamos ainda apontar o nível de conhecimento insatisfatório com relação a tópicos de estudo e áreas de conhecimento empregadas no protótipo. Como nos lembra um dos estudantes, considerando a preparação teórica e prática para a competição,

[...] nesse aspecto eu não acho que o resultado foi bom, de maneira alguma, fiquei decepcionado pelo que a gente estava produzindo, a equipe como um todo, foi um reflexo, e sempre é um reflexo, entendeu, eu não acredito em azar [...] eu acho que sorte e azar são duas coisas que acompanham quem está preparado e quem não está preparado, quem não está preparado vai dar tudo errado, isso é fato, e aí, não é azar, é falta de preparação, tanto que quando a gente ficou em 8º e você via tudo dando certo, e aí você fala, nossa, a gente tá com muita sorte, não, a gente estava tão preparado, tão focado, que a gente sabia tudo que tinha que ser feito, entendeu, então, acredito que esse foi um ponto falho na preparação que gerou o resultado não satisfatório (E3).

Assim, considerando o cronograma de “acertos” estabelecidos nas reuniões com a preparação para a próxima competição, destaca-se a reunião da inspeção física no veículo com observância às falhas e ao regulamento ponto a ponto. Neste dia, a reunião foi na própria oficina, quando a equipe examinou diretamente os componentes do veículo, além de toda a equipe, estavam presentes a professora e um ex-integrante. Retirou-se a caixa de redução/*powertrain* e o eixo foi examinado física e manualmente, foram discutidas, colocadas as hipóteses corretivas e feito encaminhamentos. No caso da barra do volante, também se discutiu e cogitou-se todas as possibilidades, comparou-se ao protótipo 08 que estava no cavalete ao lado, e o ex-integrante sugeriu executar um molde em madeira prévio para se

visualizar a solução mesmo antes da projeção no *Solid*, e, também se fez encaminhamentos de ações corretivas.

No geral, o que se observou foi que as reuniões foram muito proveitosas, pois estabeleceu-se uma reestruturação de funções, e pessoas na equipe - dado que alguns membros saíram após o mau resultado da competição nacional - bem como, a revisão de processos, atividades, e a correção de erros. A reestruturação da equipe visou torná-la mais horizontal e a figura dos gerentes de subsistema foram suprimidos, ficando o Capitão, e três gerentes: o de projeto, já descrito no estudo de caso; o de construção, responsável pela montagem e manutenção; e o de produto, responsável pela parte de testes e pela qualidade final do protótipo, além de lidar com a parte de vendas e marketing. Com relação a esta nova estrutura, o estudante relata,

[...] algumas equipes tem divisões, por exemplo, tem um gerente mas eles dividem dentro do subsistema, eles dividem em subdivisões, é ruim porque de certa forma você fica encaixotado e assim [como estamos agora] você tem que aprender tudo. O lado ruim é que, se divide, mas acaba que um faz mais e outro menos. E o jeito que está aqui é melhor, aqui tem que se fazer tudo (E1).

Foi nítida a mudança, com a busca por um aprimoramento da equipe e do projeto. O novo Capitão disse que as reuniões passariam a ter pauta, ata e também sinalizou uma revisão do regulamento interno. Apontou-se a necessidade de se fazer registro de FMEA⁴⁹, mapeamento de erros, falhas e procedimentos uma vez que não é tão recorrente o uso de tais expedientes, como mencionado e recomendado por um Professor quanto ao mau desempenho e histórico de falhas,

[...] não é a primeira vez que tem um mau resultado, isso acontece frequentemente, o grande problema, que acontece com as equipes é exatamente isso, deveriam procurar uma pessoa que conhece as coisas com mais detalhe para poder opinar sobre o que eles estão fazendo, eles fazem muito na tentativa e erro que não dá certo [...] eu acompanho as equipes desde a primeira turma do Baja, o grande drama que as equipes enfrentam é eventualmente a alta rotatividade de alunos e eles não tem um arquivo normalizado, procedimento normalizado de se fazer uma coisa, consulta se alguém já fez aquilo, vê se deu certo, é a documentação, isso é uma falha, muitos fazem sem documentar [...](P1).

O que se verificou nas observações de campo foi o reforço e cobrança no uso de registro documental de procedimentos, o que serviria como um inventário do processo de aprendizagem. Nas reuniões, enfatizou-se ainda os erros passados e a busca por uma melhor coordenação e integração dos subsistemas, inclusive para o projeto do novo veículo. Ainda

⁴⁹ *Failure Mode and Effects Analysis*, ou Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos.

que tenha havido um maior nível de interferência da Professora na reestruturação pós-competição, ela destaca que,

[...] eu não me intrometo muito...no desenvolvimento do carro...eu deixo que eles resolvam...tipo assim...eles querem trocar a CVT, mesmo eu falando que uma é melhor que outra, a decisão final é deles...essa parte, a decisão é deles...eu não interfiro, eu interfiro mais em questões de organização da equipe do que no projeto em si...(P2).

Ademais, como o regulamento da competição determina, o protótipo do veículo deve ser construído pelos estudantes, e mesmo com a reestruturação, percebe-se que se resguardou a autonomia das decisões tomadas, validadas e construídas num processo coletivo de discussão pelos estudantes.

Assim como sugerido nos Sete Passos da PBL mostrados no QUADRO 6, no período pós-competição, fundamentalmente, foi feito um diagnóstico e avaliação geral do projeto do veículo, da atuação dos participantes, estabelecido um planejamento e cronograma de prioridades em termos de tarefas e ações corretivas necessárias no veículo, bem como enfatizou-se a necessidade de uma organização dos espaços de trabalho por meio do uso da metodologia 5S visando um melhor desempenho da equipe. Este conjunto de ações gerou mais estudos, pesquisas, integração teoria e prática, bem como foram realizados testes no protótipo. Neste período, constatou-se a busca por uma melhor integração e coordenação da equipe, visando à melhoria contínua e sanando as deficiências apontadas.

Com relação à avaliação, importa dizer que os erros e falhas individuais são plenamente aceitos – fonte de regulação e progresso (PERRENOUD, 1999) - e seus resultados são socializados pelo grupo, uma vez que se trata de um projeto coletivo de aprendizado; ademais, todos são relativamente inexperientes profissionalmente, assim, há que se considerar que os erros são parte do processo de aprendizagem e formação. Considerando os erros e a falta de experiência, um estudante destaca,

[...] falta de experiência é um problema [...] não está errado, você não sabe como faz [...] mas sempre chega alguém mais experiente que te ajuda [...] sobre projeto, se projetou errado, o máximo que se pode fazer e relatar isso para que no próximo projeto não aconteça o erro [...](E12).

Por outro lado, outro estudante destaca o entusiasmo e o prazer quando descobre um erro previamente à execução de uma tarefa,

Éh...assim, existem níveis de erro...tem um erro de cálculo que quando você acha o erro, é uma maravilha, você fica muito satisfeito, porque você corrige um problema antes de implementar e outra vantagem é que você consolida o aprendizado quando

você começa a achar erros, é um sinal que você está consolidando o aprendizado, eu consegui achar alguns e consertar alguns [...](E15).

Assim, constata-se que nem só de erros é a experiência do projeto CEFAST BAJA. Erros e acertos fazem parte do processo de aprendizagem e como nos lembra Loder, a reflexão crítica sobre a prática “proporciona a ação dialética entre o fazer e o pensar sobre o que fazer, e sobre o que foi feito” (LODER, 2009, p.306).

6.4.3 Como se procedeu

A professora reforçou a necessidade de foco no projeto e questionou os estudantes se estavam confiantes dos conhecimentos necessários a cada subsistema, instigando-os e provocando-lhes a buscar e aprofundar mais os conhecimentos, como no caso dos subsistemas de *Design* e do Freio. O papel do Professor Orientador, no caso do CEFAST BAJA é, como visto na literatura, o de mediador entre o estudante e o conhecimento sistematizado, não fornecendo respostas prontas e, sim, instigando a sua procura, no sentido de direcionar e orientar, como no caso relatado,

[...] toda vez que eles tem problemas técnicos eu participo das discussões com eles, não necessariamente na forma de reunião mas às vezes com 2 ou 3 alunos, sem formalidade de reunião, eu falo que eles devem pesquisar sobre o assunto [...] o aluno estava, aquele dia no galpão, ele estava fazendo um dimensionamento e estava estudando para fazer o dimensionamento, sempre neste sentido, vai estudar este assunto neste livro para depois a gente conversar, ver as alternativas [...](P1).

Assim, a avaliação da situação-problema deflagrou a busca por mais informações e conhecimentos, via pesquisa e estudos complementares a fim de tratar os problemas corretivamente, a exemplo das menções feitas na categoria de análise *Saber Pensar/Conhecimentos*, e constatado na fala do Capitão em uma das reuniões, pedindo foco e dedicação para se estudar o veículo, pois “pesquisar faz parte do ofício de engenheiro” (E11).

No pós-competição, também verificou-se a realização dos testes que não haviam sido executados, pois estes servem para validar ou não as especificações e funcionalidades do veículo construído, ou seja, realizar testes é pôr o protótipo à prova, e também representam a ligação teoria-prática, a execução dos conhecimentos na prática da oficina diretamente no

veículo, ao passo que possibilitam a verificação da performance do veículo em pista para ações corretivas.

Quanto à correção dos problemas observados na competição, considerando o problema da barra de suporte do volante, mencionado anteriormente na reunião de inspeção física, a ação tomada foi a revisão do projeto, utilizou-se o Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) contendo falhas e plano de ação. Foi feito um molde prévio antes de cortar e soldar a gaiola, mesmo antes de rever o projeto no *Solid* para se visualizar a melhor solução fisicamente.

No caso do problema do eixo da caixa de redução/*powertrain*, não houve muito o que se discutir, pois a solução era usinar um novo eixo conforme as medidas do projeto. Já quanto ao problema do Sistema de Freio, um estudante relembra,

[...] quando o freio não freava, custamos a achar, tivemos que investigar peça por peça até achar o que era o problema. Ficamos procurando até descobrir...tinha que pesquisar, procurar, não é tão claro as coisas, onde está o problema? (E5).

Assumi-se que com os testes realizados pós-competição, e com estudos mais aprofundados que estão sendo feitos em contato com um Professor da área, o sistema irá funcionar a contento. Os membros do subsistema Freio apresentaram os planos para o veículo novo, ao passo que também descreveram um problema verificado após a realização de um teste, segundo um estudante,

[...] a montagem do freio na parte traseira, existem muitos problemas, é difícil a manutenção, toda hora quebra, não na montagem. Teve um enduro de quatro horas na segunda [feira], desmontou e descobri que onde está fixado o disco de freio, alguns parafusos quebraram tem que soldar de novo, é porque tem que prender o disco, mas tem outras formas de pôr o parafuso, mas num projeto melhor...e o copo da homocinética é preso na caixa de redução e tem quatro parafusos que prendem o disco, estes parafusos são presos com solda, ao invés de soldar eu vou usinar os parafusos e fazer outro copo da homocinética usinada, tem que projetar no *Solid* e mandar fazer, é uma possibilidade. Outra é fazer uma flange que tem estrias que encaixam direitinho no eixo e vai colocar os parafusos não soldados. São duas alternativas. Além de mudar os cortes da pinça lá atrás, isso e pro próximo carro, vou fazer projetado não improvisado (E5).

Entretanto, a Professora ressaltou em reunião a importância de se apontar nos relatórios técnicos e banners de apresentação técnica estes fatos geradores, como prova de aprimoramento e correção em termos de revisão em processos de trabalho, e obviamente, como representativo de aprendizado.

Considerando o processo de melhorias, observou-se nas reuniões pós-competição e de projeto que cada subsistema apresentou suas ideias para o veículo novo, o que vão

reutilizar, o que vão precisar, todos participaram, houve questionamentos, e houve também em vários momentos a ênfase na necessidade de integração dos subsistemas, o Freio com o *Powertrain*, a Suspensão com a Estrutura, etc.; constata-se claramente a preocupação com o foco da equipe que é a busca pelo aprimoramento contínuo, o processo evolutivo do veículo, como apontado por um estudante, “essa questão de aprimoramento, a gente tenta todo dia, todo dia a gente vê alguma coisa, e vê...ah...isso aqui dá pra melhorar, não isso aqui tá bom, esse aprimoramento e melhoria é constante” (E7).

Em geral, o que a pesquisa de campo possibilitou verificar, não somente no período pós-competição, é que as atividades são processuais e interligadas, configurando uma experiência integradora de aprendizado através de um contexto real de projeto e de resolução de problemas de forma ativa pelos estudantes, uma vez que recorrentemente aparecem problemas imprevistos a serem solucionados e atividades teóricas e práticas a serem executadas, sendo estas discutidas com a equipe num processo contínuo de busca por soluções, investigações e melhorias no veículo.

A mobilização dos saberes prévios e daqueles que são buscados e construídos ocorre naturalmente ao passo que as atividades vão sendo integradas e o cronograma vai sendo cumprindo desde a identificação dos problemas, a interação nas reuniões e discussões das hipóteses de soluções, as pesquisas e estudos complementares, atividades práticas, testes, visitas, eventos, a gestão do projeto, a competição, a gestão da equipe, ou seja, isso é o processo da aprendizagem em evolução. Assim, é no decurso próprio das atividades que ocorre a integração e a mobilização de teoria e prática, incorporando os elementos do processo de aprendizagem e de formação dos futuros engenheiros neste estudo de caso.

Constata-se, então, como desdobramento e medidas frente à situação-problema inicial, que o desenvolvimento das atividades da equipe gerou a busca por saberes disciplinares complementares à bagagem que os estudantes já possuíam, à aplicação de teorias na prática da oficina tendo o veículo como campo de provas, e a experimentação e aperfeiçoamento contínuos que fazem parte da natureza deste projeto. Caracterizam-no também como um projeto exemplar no que tange tanto à abordagem de resolução ativa e coletiva de problemas pelos estudantes quanto ao papel do professor mediador descritos na metodologia PBL vista no Capítulo 4.

6.4.4 O propósito da experiência

O que foi observado nas reuniões e no desenvolvimento das atividades, não somente no período pós-competição, foi um movimento no sentido de *apreender e aprender* com os erros ao longo do percurso do projeto, ao passo que as situações e problemas colocam o estudante próximo da realidade da profissão de engenheiro e possibilitam a formação e desenvolvimento de conhecimentos, habilidades e atitudes.

No âmbito de um processo de formação, o que se observou com maior ênfase no período pós-competição foi a avaliação e as ações corretivas, além da intervenção positiva pela Professora apontando a necessidade de foco no projeto, apontando que trata-se de um projeto complexo que envolve não somente a construção do veículo, mas também a construção de relatórios técnicos fundamentados em estudos e pesquisas, em trabalho prático e testes de validação, no trabalho em equipe, bem como o treinamento e qualificação dos estudantes para as apresentações técnicas na competição, ou seja, um processo de desenvolvimento de competências técnicas e também, de forma adjacente, de competências não-técnicas.

O papel da Professora foi no sentido de questionar e desafiar os estudantes a pensarem o projeto a partir dos erros e falhas passadas, como descrito no passo 5 do QUADRO 6 do Capítulo 4, ao passo que apontou-se para as restrições de tempo e recursos, bem como para a busca pela otimização das funções e atividades da equipe, ou seja, aprimorar ainda mais a gestão do tempo, das pessoas, e do conhecimento técnico do veículo minimizando assim o risco de erros, ao passo que já se iniciava a preparação para o projeto do próximo veículo. Tal preocupação pode ser resumida no caso do *copo* do eixo da homocinética que teve a solda reprovada em teste, quando a Professora apontou que o componente não poderia ficar como estava, que seria necessário fazer um estudo e simulação para ver onde estão os pontos críticos da solda, se fosse no cordão da solda, os estudantes teriam que refazer, reprojetar, reusinar, etc. Em reunião, Professora argumentou que não é admissível ir para uma competição sabendo da fragilidade de uma peça crítica, pois pode interromper o funcionamento do freio.

Constata-se neste caso, a preocupação com o aprimoramento - correção e acerto - contínuo dos processos, do fazer, do buscar saberes, ou seja, no aprendizado em si. Por outro

lado, verificou-se que os estudantes tiveram papel fundamental nesta fase pós-competição, pois são eles que ativamente e coletivamente realizam todas as tarefas, como prescrito na teorização da aprendizagem ativa e da PBL, refazendo e reavaliando o projeto, buscando e pesquisando tópicos e conhecimentos complementares – analisando, sintetizando, e integrando saberes – revendo os processos de trabalho prático e “re-construindo” o protótipo a partir dos problemas, e fundamentalmente, reelaborando e construindo seus saberes.

Passado todo o processo de ajustes, testes de validação, e melhorias, os problemas e imprevistos técnicos percebidos na competição nacional foram sanados e corrigidos. Na competição regional, o veículo passou na inspeção técnica salvo um pequeno detalhe que o juiz apontou na passagem do “chicote” na “corta-fogo”⁵⁰, gerando um *re-check* rapidamente resolvido. Passou ainda sem problemas pelos testes de abastecimento, de motor, e nas provas de manobrabilidade e *suspension & track*.

Neste sentido, um indicador de progresso pode ser o resultado da última competição regional realizada em setembro de 2016, quando a equipe ficou em 9º lugar num total de 30 equipes competidoras. Nesta ocasião, também houve imprevistos inerentes à competição, como uma piscina de lama que molhou o magneto do carburador, fazendo o veículo parar na 13ª volta no enduro. Não fosse isso, a equipe teria obtido um melhor resultado, pois houve mesmo momentos em que o veículo esteve em segundo lugar.

De qualquer maneira, foi uma relativa superação em termos dos problemas vividos durante a competição nacional - já tratados aqui – o que representa ainda o processo de *aprender a aprender* pelo qual os estudantes percorrem com o propósito de alargar a experiência educativa num movimento de crescimento, como vimos em Dewey (1979), e de desenvolvimento de conhecimentos, habilidades e atitudes, absorvendo e introjetando tais atributos. Ainda como um indicador de aprendizado com erros passados, o que se constatou nas reuniões pós-competição regional, quando se discutia o projeto do novo protótipo, foi a preocupação com um melhor Desenvolvimento de Produto, quando um estudante apresentou considerações gerais e detalhes sobre a necessidade de se ter uma convergência de ideias e melhor integração dos subsistemas, convergindo ao escopo do novo veículo, alcançando assim uma construção consistente. Levantou-se questões importantes como prioridades, revisão de erros do passado, além de registro de tudo que for feito. Nesta nova fase, será utilizada a Estrutura Analítica do Projeto – procedimento de gestão de projetos que permite a

⁵⁰ Trata-se da parede de segurança que isola o *cockpit* e o corpo do piloto do bloco do motor.

visualização das subentregas e trabalhos de todo o projeto – o que, aliado à construção de um cronograma, possibilitará um melhor monitoramento e desenvolvimento do próximo protótipo, ou seja, a materialização do plano teórico para a prática, visando a consolidação de um processo de aperfeiçoamento e aprendizagem.

Por último, mas não menos importante, importa discorrer sobre o *apoio institucional* ao projeto CEFAST BAJA, uma vez que este é mantido pelo CEFET-MG através do NEAC. Tal apoio possibilita esta experiência de aprendizagem e o desenvolvimento do projeto, que se materializa por meio do fornecimento de espaço físico, recursos materiais, equipamentos, bolsas de extensão aos estudantes, bem como a disponibilização de um Professor Orientador de equipe. Considerando tal apoio e perguntado se há algo negativo nesta experiência de aprendizagem, um estudante relata,

[...] acho que não tem nada negativo, se desse para melhorar, eu melhoraria os equipamentos, ajudaria bastante, tipo dobradores de tubo, torno para usinagem de madeira para moldes, usinagem de CNC o CEFET tem, mas a gente não consegue acesso para usar [...] o CEFET dá bastante apoio, porque disponibiliza o galpão, o escritório, computadores, temos as bolsas [...] ajuda a gente a fazer o carro, porque a gente deixa as bolsas pro carro [...](E4).

A questão das bolsas auxilia sobremaneira a manutenção de despesas do projeto, auxílio este que poucas equipes possuem. Com relação à melhoria no apoio em geral, um ex-integrante relata,

[...] na minha época não era bom, o primeiro Baja que fizemos foi com duzentos reais, tínhamos um cheque de 200,00, o único dinheiro que tinha e montamos um carro, fizemos a partir de sucata [...] CEFET dava máquinas, energia elétrica mas não dava dinheiro, não tinha sala, computador, não tinha nada e hoje, hoje está excelente, do apoio institucional a única coisa que falta mais presente é o corpo docente, é apoio do corpo docente, professores apoiarem mais, não o orientador, os demais, todas as áreas, as disciplinas básicas e técnicas [...] mais vontade de participar, de querer ajudar (E15).

O que o ex-integrante menciona é o reconhecimento e proximidade do corpo docente à equipe no sentido de auxiliar técnica e cientificamente o projeto. Quanto ao envolvimento e às motivações do corpo docente, um estudante aponta,

[...] quando eu entrei os professores nas equipes sempre foram muito afastados, deixaram as equipes se desenvolverem sozinhas e era algo, pouca presença e meramente figurativo, e hoje isso mudou, na preparação da nacional de 2015, a gente ficou sem orientador a um mês da competição e a gente não podia participar sem orientador [...] sentimos falta de alguém para orientar a equipe e foi sorte da P2 ter um interesse [...] nós escolhemos ela. (E11).

E o mesmo estudante relata que houve professores que declinaram do convite para orientar a equipe “quando viu que não ia ganhar vantagem financeira pela instituição, não quis, falou abertamente (E11)”. Segundo os estudantes, há ainda a necessidade de apoio e reconhecimento docente quanto a uma flexibilização com relação a calendário de atividades e provas aos participantes quando estes estão em período pré-competição, pois trata-se de período de intenso trabalho, além do mais os estudantes estão representando a instituição.

Por outro lado, um dos estudantes aponta que o apoio é regular, no sentido de que “está tendo um avanço, porque renovou um pouco os professores, tendo uma mentalidade que aquilo ali é um grande laboratório para os alunos trabalharem e aprenderem, não é simplesmente competir, brincadeira” (E14) é uma experiência formativa. Um dos Professores aponta que foi indicado ao NEAC a necessidade de se ter um supervisor técnico para a área de gestão para auxiliar todas as equipes de competição com relação à otimização e administração de recursos, tempo, execução, organização em geral, porém, “infelizmente isso não foi feito, foi mandando para Diretoria Geral e as opiniões não são sempre as mesmas aí então [não] avançou (P1)” a ideia.

Entretanto, em geral as opiniões são de que o apoio institucional melhorou bastante ao longo dos anos em relação à estrutura. E, ademais, a própria oferta deste projeto representa e é uma ação afirmativa da instituição no sentido de se proporcionar uma educação tecnológica de nível superior de forma integral. Aliados a isso, há o reconhecimento e a possibilidade de validação legal das horas dedicadas pelos estudantes em Atividades Complementares da carga horária dos cursos.

Finalizando estas análises, apesar de se referenciar sempre o veículo e seus problemas, a equipe, o trabalho em equipe, e aos fatos da experiência, seus elementos e fatores, ressalta-se que, sob o ponto de vista da experiência educativa, o que é realmente fundamental é o processo da experiência educativa, seu propósito, bem como os participantes, pois estes são os agentes das ações e recebem o impacto do processo em termos de aprendizado. O ganho em termos de aprendizagem, formação e desenvolvimento é considerável, apesar de todos os problemas, contratempos, falhas e erros, e a partir das observações de campo, supõe-se que vale a pena participar, como destacado por um dos estudantes ao se referir a uma fase ruim da equipe, ao aprendizado e afetuosamente às relações humanas construídas no projeto,

[...] mesmo se tiver algo ruim, você vai aprender com aquilo, mesmo se na hora você não perceber [...] quando eu lembro das coisas que aconteceram só tenho memórias

boas, obviamente ruins também mas não é completamente ruim [...] é tudo muito bom porque tem amigos [...] tem uma vantagem de ser tudo muito rápido então você está num projeto, tem que construir, você vê o projeto evoluindo na sua frente, algo que você projetou, está lá real, está andando, então, você tem um prazer de estar lá, recompensador, é uma realização, tudo que você batalhou estar acontecendo, então, pessoal e profissional é uma experiência muito boa! (E12).

Considerando o aprendizado de forma geral, os estudantes abaixo confirmam,

[...] o aprendizado que a gente tem é fora do normal, olha... aprendi a dimensionar um carro, aprendi a construir um chassi, a fazer testes que validam o chassi, testes físicos e teóricos, para validar e dizer, oh...esse chassi pode bater tanto que não vai quebrar. Teste de rigidez torcional [...] aprendi a manusear ferramentas computacionais, *Solid*, *Femap*, *Ansys*, aprendi a trabalhar em equipe, é isso (E7).

Eu acho que eu aprendi mais lá do que nos 3 períodos de faculdade, eu aprendi mais no Baja que nas aulas, é o aprendizado contínuo, porque você tem que correr atrás do que precisa saber, você está interessado, a questão do interesse pesa muito, eu considero que eu aprendi muito, muito. Trabalho em equipe, organização, gerenciamento e administração de tarefas, e até questões da parte de engenharia mesmo, da parte automobilística, ferramentas, oficina [...] agora eu já tenho noção como é um projeto de um carro, os componentes, uma visão mais ampla e ao mesmo tempo detalhista, olha essa peça é assim, ela funciona assim, ela é fabricada assim, isso é uma manga, quais componentes vão nela, eu sabia que existia uma manga mas não sabia detalhes. Porquê dos ângulos, os materiais, então [...] agora eu já sei do projeto, vivi uma construção e você aprende muito (E6).

Importa ressaltar neste momento o depoimento de um ex-integrante que já atua como engenheiro de planejamento e controle de projetos em uma grande indústria do setor automotivo, segundo ele, ele se tornou o engenheiro que é hoje devido à experiência no CEFAST BAJA, pois o projeto “forma a gente como pessoa, como profissional, como engenheiro [...] então dá uma formação completa” (E15). À época da pesquisa, ele trabalhava com o planejamento e controle de atividades da construção de um modelo de veículo, de 1/6 parte de um veículo; segundo ele existe uma distribuição por modelo, e cada um tem seis engenharias,

[...] a gente pega o planejamento do veículo, distribui e dentro da minha engenharia existem outras 10 áreas [...] planejo minha atividade e digo vai custar tanto, preciso de tais recursos, etc., junto tudo isso apresento ao dono do carro e digo essa é a necessidade da minha engenharia para você, você autoriza? Autorizado, a gente começa a trabalhar, cálculo e desenho é a menor parte...ela consome um período longo mas é o que menos dá trabalho, o processo é longo, gastamos muito tempo com coisas não diretamente ligadas a engenharia como transporte de peças, carro, emissão de nota fiscal, toda a logística, preparação de horas, aprovação de custos, etc [...](E15)

E reiterado por outro ex-integrante,

[...] se eu não tivesse participado do Baja eu não seria o engenheiro mecânico que eu sou hoje [...] se você realmente dedicou, você é um outro profissional, eu aprendi demais, eu aprendi a conversar com as pessoas, convencer as pessoas, a defender o

meu projeto, aprendi a convencer as pessoas a comprar o projeto, a patrocinar o projeto, a divulgar o projeto. E o ganho de conhecimento técnico é demais [...] o que você aprende ali é ser proativo, é fazer coisas além do que te mandam, é defender aquilo, a sua ideia, saber escutar, saber trabalhar em equipe, saber a dimensão que é todo um projeto [...] e o que eu faço hoje é isso, eu vendo a minha válvula, eu vou numa usina siderúrgica por exemplo, vejo qual a necessidade deles, tento criar uma ideia, tento oferecer meu produto, tenho que provar para ele que o meu produto vai resolver, com clientes realmente de outras empresas, e aí chego na minha empresa, vou no projeto, direciono o projeto, às vezes não sou eu que vou fazer os desenhos, mas eu tenho minha mão ali, tenho a ideia porque eu tive *feedback*, acompanho a construção, sei como lidar com o *lead time*⁵¹, saber desde o projeto até a construção da válvula, que é o que eu fazia! Então assim, o que eu faço hoje [...] (E14).

Constata-se nos depoimentos acima, que o trabalho do engenheiro pode ser diverso, minucioso e apresentar interface com outras áreas, como a parte comercial, a administração, logística, tributos, planejamento e gestão de projetos. De forma geral, o projeto CEFAS BAJA proporciona uma aproximação com este universo profissional, e o desenvolvimento pessoal e profissional requeridos neste sentido, o que é reconhecido como de grande valor pelos próprios estudantes,

O aprendizado é uma das coisas mais importantes na experiência, vai realmente contribuir na minha vida pessoal como profissional, extremamente válido [...](E1).

[...] eu amadureci muito...a forma de pensar...aqui ajuda muito, a gente já tem uma ideia como funciona todo o processo de uma empresa, a atuação do profissional, onde a gente deve pesquisar, como a gente deve pesquisar, como deve fazer, te dá uma base boa, aqui é uma empresa que não é uma empresa, só não tem CNPJ, é uma simulação muito boa (E10).

[...] é uma oportunidade de adquirir conhecimentos que você não tem em sala de aula, a vivenciar uma situação de como se fosse uma empresa, uma simulação, que a gente pode no futuro, vir a presenciar, através de uma empresa, um estágio, aprender a trabalhar em equipe, conhecimento de áreas diversas que a gente tem lá dentro. É uma oportunidade dentro de um curso de engenharia que agrega muito no nosso futuro e no aprendizado (E9).

O desenvolvimento pessoal e atitudinal trazido pelas situações de aprendizagem e experiências de situações problemas acabam acarretando uma maturidade, uma percepção de si, e uma postura positiva para o futuro, como observado no depoimento do estudante se lembrando do mau desempenho na competição,

[...] se eu fosse fazer uma análise geral, eu acho que foi um trabalho extremamente pertinente neste um ano e meio que eu tenho e eu até brinco com os meninos, que ter ficado em 45º foi talvez muito melhor do que se eu tivesse ficado em 1º lugar, em termos de conhecimento, porque justamente, aquilo, você aprende muito mais com os erros entendeu? Então, se for pegar outras equipes que tem as coisas muito prontas, eu sinto que eles não tem a mesma preparação que eu tive no sentido de

⁵¹ *Lead Time*, é o termo para o ciclo ou tempo desde o início de uma atividade produtiva, com a entrada de materiais, e o seu término com a entrega de um produto.

saber o que pode dar certo e errado, de lidar com liderança, com conflitos, então, fazendo um geral, essa experiência ruim no final foi a melhor que eu pude ter, mas lógico agora, eu espero que pra próxima, eu saia melhor, muito bem, pra justamente ver o que estava errado e o que eu pude consertar e se deu certo [...] (E13).

Assim, o importante é possibilitar ao estudante extrair da experiência o *aprender a aprender*, consistindo este aprendizado num processo individual de aprimoramento e evolução, de experiências e de descobertas, de construção de saberes, como percebido no depoimento dos estudantes, questionados sobre o que é o aprender,

[...] é pegar alguma coisa e tentar descobrir como ela é, como ela funciona, porque ela existe [...] (E14).

[...] aprender é um exercício constante, porque a gente não pode saber de tudo...acho que é um exercício que a gente sempre tem que ter em mente que a gente está sempre aprendendo. Acho que não existe a gente achar que sabe de tudo, que está pronto, o projeto nunca vai estar pronto [...] (E11).

[...] é quando você descobre coisas que você antes não sabia (E8).

E complementado por um estudante, ao ser questionado sobre o que é o saber, “vem do conhecimento, mas conhecimento está sempre mudando então o saber é uma coisa que você tem que estar buscando, um objetivo permanente, porque nunca você vai saber de tudo, sempre vai ter coisas para pesquisar para se saber a mais” (E9). Assim, esta experiência de aprendizagem, formação e desenvolvimento representa e tem o propósito em si de ser uma possibilidade de levar o estudante a se construir e reconstruir enquanto ser aprendiz em contínuo processo de formação.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo primeiro desta pesquisa foi compreender o fenômeno educativo configurado no processo de aprendizagem, formação e desenvolvimento de saberes de futuros engenheiros por meio do projeto do protótipo de veículo CEFAST BAJA no CEFET-MG. Por *aprendizagem* consideramos um processo de introjeção de capacidades potenciais em favor tanto da construção do próprio saber, quanto da capacidade de intervenção no mundo, e em última instância, assumiu-se que a aprendizagem efetiva supõe o *aprender a aprender*.

Compreender este processo e seus desdobramentos envolve compreender algo que está em movimento, algo composto por um conjunto de elementos e fatores que estão em marcha, em uma sucessão de estados que se transformam, em evolução. Compreender um processo é introjetar o seu significado, compreender sua finalidade, observar seus agentes, as relações entre seus elementos e seu contexto, e verificar como estes operam, suas causas, aplicações e consequências.

O projeto CEFAST BAJA é uma experiência complexa, que envolve indivíduos em processo de crescimento, de formação pessoal e profissional. Na busca por compreender tal experiência, nos amparamos em um conjunto de teóricos sobre educação, inicialmente na teorização da experiência educativa da aprendizagem ativa e no processo de formação do pensamento reflexivo de John Dewey, baseados nos princípios filosóficos do pragmatismo e experimentalismo. Abordou-se também e buscou-se incorporar a contribuição de alguns teóricos pedagogos e psicólogos e suas teorizações sobre a aprendizagem e o desenvolvimento cognitivo, a interação, a significação, a motivação e a descoberta, bem como, sobre a liberdade em aprender, todos referendados no Capítulo 3. Assumiu-se, também, e a literatura aponta para essa opção da pesquisa, que os meios e fatores que materializam o processo de aprendizagem ativa são viabilizados por estratégias e modos de abordagem como a PBL, esta aderindo perfeitamente à Educação em Engenharia, dadas as naturezas de ambas. Assim, tais teorizações subsidiam sobremaneira o entendimento da aprendizagem vista neste projeto.

Como descrito ao longo desta pesquisa, o projeto visa construir um protótipo de veículo, e envolve uma equipe de estudantes em todas as atividades requeridas nesta construção. A experiência oferece a oportunidade de se aplicar na prática conhecimentos teóricos e práticos adquiridos, visando incrementar sua preparação para a vida profissional. As atividades envolvem uma experiência real de desenvolvimento de um veículo desde sua concepção e projeto, construção e testes, bem como, a avaliação final na competição.

Mas importa ratificar que, apesar de se discorrer em vários momentos sobre o veículo protótipo, ou mesmo sobre a própria equipe e seu trabalho realizado, estes na verdade constituem os meios pelos quais se viabiliza o processo de formação de saberes do estudante futuro engenheiro. Podemos mesmo considerar o protótipo como objeto pedagógico, pois é o “veículo” deste processo de aprendizagem. Adicionalmente, pode-se considerá-lo um objeto pedagógico lúdico, pois desperta nos estudantes a imaginação, a curiosidade, a criatividade e mesmo a emoção e o prazer. Os elementos principais deste estudo são, portanto, o processo de aprendizagem e formação de saberes, e o estudante, mas neste enredo há outros elementos intervenientes que impactam sobremaneira no processo de aprendizagem em si e, portanto, não havia como não discorrer sobre eles, uma vez que constituem a experiência educativa, e essa experiência é a integração de todos os elementos, e representa uma totalidade indissociável. Buscou-se então identificar e avaliar os elementos e fatores intervenientes ao processo de aprendizagem e compreender como estes se materializam no espaço-tempo desta experiência.

As categorias de análise estabelecidas pela pesquisa foram pilares fundamentais para se compreender tal processo. O que se buscou na pesquisa de campo foi fazer um mapeamento da experiência vivida a partir dos aspectos representados pelas categorias de análise e das unidades de significação captadas pelas entrevistas junto aos participantes da experiência.

Considera-se que o *saber fazer*, o *saber pensar*, o *saber ser e agir* subsidiam e configuram a *experiência da aprendizagem* - como visto no capítulo das análises – ao passo que são fatores condicionantes e condicionados, num processo rico e iterativo, de fatores objetivos e subjetivos interdependentes. Ou seja, esta experiência e seu processo são complexos, englobando todas as variáveis.

Assumi-se, ainda, que os saberes desenvolvidos formam um conjunto de atributos ou propriedades que são incorporados pelos estudantes ao longo do percurso e que os permitem modificar suas capacidades de mobilização e atuação no mundo em que atuam,

na interação, na profissão, na vida. Considerou-se tais atributos como potencialidades, “ativos” do indivíduo, em saberes disciplinares e não-disciplinares, técnicos e não-técnicos, consistindo basicamente em conhecimentos técnico-científicos e habilidades cognitivas no sentido de Dewey (1979) e aquelas referendadas na Taxonomia de Bloom, habilidades técnicas do fazer, bem como atitudes necessárias ao futuro engenheiro.

Constata-se neste processo de aprendizagem um importante fator subjetivo com forte impacto na formação e desenvolvimento de saberes, trata-se da relação do indivíduo com o saber e também com o aprender; diz respeito ao posicionamento pessoal, uma predisposição, o que em última instância configura uma postura epistemológica e neste caso uma postura frente ao que significa o processo educativo e a formação.

Como visto em Bruner (1969) e Charlot (2000), o saber é uma relação do indivíduo com seus signos, com sua cultura e esta relação tem valor em um sistema maior, validado socialmente, reconhecido e valorizado pelo próprio estudante, que lhe atribui significado, tornando a aprendizagem *significativa* no sentido de Ausubel (1968) e Novak (1981). Neste percurso, o estudante enfrenta problemas, falhas, erros, busca e assimila novos saberes e acomoda-os, no sentido *piagetiano*, aos que já traz consigo, potencializando a experiência educativa, no sentido de zona de desenvolvimento proximal de Vygotsky (2010), e capacitando-o a resolver problemas por meio de sua predisposição ao saber e ao aprender. Predisposição sem a qual não seria possível a efetivação das potencialidades individuais.

Nesta atribuição de significado pelo indivíduo estudante, considero que o fundamental é a utilidade e finalidade destes saberes. E diria que isto nada mais é do que saber aplicá-los coerente e competentemente face às situações da vida, pois não faria sentido ter uma bagagem de saberes e não os utilizar, não saber aplicá-los, intervindo no mundo a fim de resolver problemas, situações diversas, adversas e imprevistas.

Por meio deste projeto, ao estudante é permitido descobrir autonomamente seus próprios erros, construir os saberes e aplicá-los, isto é, teorizando e aplicando na prática, ou ainda, praticando e teorizando ao longo do percurso, ou seja, reelaborar seus saberes ao passo que constrói novos saberes e fundamentos técnico-científicos, a fim de aplicá-los em processos, sistemas e problemas. Teoria e prática, neste processo de aprendizagem, se casam na ação própria do estudante ativo, pois o processo promove esta junção, e por consequência uma reflexão, um pensamento crítico, analítico, num processo iterativo de melhoria contínua, e de busca pelo aprendizado permanente, características e dimensões estas necessárias ao ofício do engenheiro.

Como mencionado na pesquisa, há uma problemática na formação em engenharia de forma geral, pois esta é centrada em um ensino tradicional, conteudista e contempla pouca prática, ao passo que, na atualidade, o mundo do trabalho vem demandando um engenheiro de novo tipo. Espera-se que esse profissional detenha uma série de atributos configurados em competências técnicas e não-técnicas. Desde o trabalho em equipe, a capacidade de interagir, compreender e interpretar, transpor a teoria para a prática, analisar hipóteses, sintetizar e integrar ideias e argumentos, avaliar e tomar decisões, desenvolver um senso ético e de responsabilidade individual e social, trabalhar com sistemas e processos, buscar por soluções e novos conhecimentos, inovar, ter visão global das partes e do todo, ou seja, capacidade de constantemente aprender e reelaborar saberes de acordo com as especificidades de cada problema ou situação vivida. O projeto CEFAST BAJA proporciona sobremaneira o desenvolvimento de tais atributos, pela síntese e integração do saber fazer, do saber pensar, do saber ser e agir, em outras palavras, consolida a própria experiência construtiva de saberes no estudante futuro engenheiro. Considera-se que o projeto potencializa e proporciona a formação e desenvolvimento em certa medida tanto das competências referendadas na Resolução CNE/CES 11/2002, quanto desenvolve a formação do pensamento reflexivo teorizado por Dewey e as habilidades mentais referendadas na Taxonomia de Bloom.

Diante deste cenário, e considerando as características do projeto CEFAST BAJA e, ainda, buscando compreendê-lo, assumiu-se o pressuposto teórico de que essa experiência formativa apresentava evidências dos preceitos da teorização da aprendizagem ativa no pensamento de Dewey, e para tanto, fomos a campo para verificar o problema da pesquisa através dos objetivos específicos. Ou seja, verificar a aderência da experiência vivida às especificidades da pesquisa e da teoria educacional.

O estudo de caso e a pesquisa de campo possibilitaram uma análise qualitativa do fenômeno, em seus elementos e fatores condicionantes, à luz das teorizações sobre concepções e metodologias de educação vistas, bem como possibilitou obter respostas aos objetivos da pesquisa. O momento de fechar a pesquisa é então, o momento de retomar e avaliar seus objetivos, e se estes foram alcançados pela pesquisa empírica.

Considerando o primeiro objetivo específico, identificar as competências pedagógicas docentes na atuação mediadora em interação com os estudantes, importa ressaltar que houve um ajuste no escopo deste objetivo desde o projeto desta pesquisa, pois inicialmente acreditou-se que o professor orientador tivesse uma atuação e prática docente propriamente de ensino no projeto, como num processo tradicional de educação, tanto que o

título provisório da pesquisa contemplava esta dimensão, a do ensino-aprendizagem, porém, durante o percurso, constatou-se que não havia a configuração de uma disciplina a ser ministrada, tampouco notas e provas. Assim, restringiu-se o escopo deste objetivo à atuação mediadora no processo de aprendizagem, sem restringir a presença indispensável e coerente da figura do professor à experiência educativa. Então, considerando o papel de mediador e de orientador de equipe, constatou-se claramente nas observações de campo, bem como pelos depoimentos, que o professor cumpre um papel de interlocutor que se dispõe ao diálogo e à interação com os estudantes frente aos problemas enfrentados, de mediador dos saberes sistematizados, mediador institucional, e eventualmente de orientador técnico quando da demanda de conhecimentos de sua área de especialização.

Uma vez que o projeto de construção deve ser realizado pelos estudantes, como determina as regras da competição, o papel do professor representa um olhar externo ao projeto e ao trabalho desenvolvido pelos estudantes, porém, como visto na literatura pesquisada em Dewey (1979), bem como nos outros teóricos construtivistas, o professor faz a mediação dialógica tendo em vista à reflexão sobre as ações da equipe no projeto de forma geral. Como mencionamos, não há uma disciplina, nem um plano de ensino, tampouco notas a distribuir, sendo o papel do professor o de um orientador geral, com uma função de instigar, dar direção, e provocar no estudante a busca pelo aprimoramento, e ser um guia do processo sem necessariamente comandar, pois resguarda-se a autonomia das decisões tomadas coletivamente pela equipe de estudantes.

Enfim, a despeito de que não há disciplina a ensinar no projeto, ainda assim, a figura do professor é indispensável, na função preponderante de orientar a “execução” e continuidade do projeto, e de conduzir a equipe na direção de se pensar o projeto como algo maior, independente do resultado na competição, como vistos no período pós-competição nacional. E, mais importante, reconhecendo e assumindo um papel de promotor de um ambiente de diálogo, de respeito à autonomia, à linguagem, e à identidade do estudante (FREIRE, 1996), favorecendo assim, a interação com estudantes na apreensão mútua de conhecimentos via pesquisas e enfrentamento de problemas. Ou seja, a postura mediadora requer do professor a disponibilidade, a abertura ao diálogo, a de ser referência ética e técnico-científica, e de servir como um guia sem, contudo, ser aquele que determina o processo educativo.

O segundo objetivo específico foi identificar os saberes – conhecimentos, habilidades e atitudes – desenvolvidos e mobilizados no processo de aprendizagem, e quanto

a isso, de modo geral, considera-se que houve uma identificação dos saberes, tanto declarada pelos estudantes, quanto observada na pesquisa de campo. Esta pesquisa não objetivou medir e quantificar estes saberes, visto que há uma dificuldade empírica para tal, mas há forte indicação e evidências de que há realmente uma incorporação de saberes, uma internalização de competências técnicas e não técnicas aliadas ao desenvolvimento de habilidades mentais de alto nível, isto é, não somente conhecer e aplicar um tópico, mas também analisar, sintetizar e avaliar os processos, sistemas, problemas e o próprio saber envolvido. Na maioria dos casos, os estudantes chegam ao projeto sem conhecer nada sobre a área e trazem somente seus saberes de ciências básicas provenientes do ensino médio; ademais, são inexperientes em termos de trabalho, assim, o projeto possibilita sobremaneira o desenvolvimento de: capacidades técnicas, no fazer e utilizar máquinas, equipamentos, materiais, em operações de trabalho manual diversas ligadas a oficina; no saber pensar, raciocinar, compreender e interpretar, saber aplicar conhecimentos na prática, analisar problemas e as relações das partes com o todo, sintetizar ideias, avaliar sistemas, processos, tomar decisões, e mesmo inovar em algum aspecto; também habilidades não-técnicas, como se comunicar, negociar, decidir, trabalhar em equipe e senso de corresponsabilidade, respeitar o outro e as diferenças, adaptabilidade, dentre outras capacidades.

As categorias de análise representam bem os saberes - saber fazer, saber pensar e saber ser e agir - analisados pelas entrevistas, e há ampla evidência de que há a incorporação destes saberes, configurando na prática uma consolidação de competências, pois a competência é uma inferência da ação. Apesar de que não houve um bom resultado na última competição nacional, ou seja, de que os estudantes não colocaram em prática os saberes a contento, há de se considerar que a condução de um projeto de tal envergadura não é tarefa simples, e está sujeita a vários fatores intervenientes externos e também internos. Porém, no período pós-competição nacional, o que se presenciou foi exatamente a reflexão – sobre erros, falhas, inconsistências, inconformidades - e o acionamento de vários saberes em busca de ações corretivas, consolidando a aprendizagem em um processo dialético de renovação do projeto, do protótipo, e dos saberes.

De modo específico, pelo exame do artefato físico, considera-se que ele representa realmente uma síntese do fazer, do pensar, e da própria experiência construtiva de saberes. Como visto no Capítulo 5, na descrição dos componentes e saberes necessários à construção do CEFAST BAJA, considera-se que foi atingida a identificação, ainda que breve, pois um veículo envolve tantos saberes técnicos quanto componentes. E, neste sentido, verificou-se

que vários dos tópicos necessários para pôr o veículo em funcionamento não fazem parte do currículo dos cursos, uma vez que a área automotiva não é ênfase em nenhum dos cursos oferecidos pelo CEFET, de onde supõe-se que os estudantes têm que pesquisar diversos tópicos técnicos da área automotiva e outros como *design* e ergonomia, avançando sobre os seus saberes prévios, ao passo que se estende áreas de conhecimento novos, potencializando o aprendizado. As discussões acompanhadas em reuniões da equipe são prova disso, dessa busca contínua por conhecimentos técnicos, e aliadas ao princípio do aprimoramento contínuo que permeia o projeto, me levam a crer que há um progresso neste sentido, do desenvolvimento, da mobilização e da gestão dos saberes pelos estudantes.

Ademais, muito mais do que identificar os saberes mobilizados e integralizados no protótipo, outro fator importantíssimo é o próprio reconhecimento do sentido e do valor atribuído pelos estudantes e ex-integrantes ao projeto, do grande ganho em termos técnicos e não-técnicos, como o trabalho em equipe, sendo este o ganho em termos de aprendizado não-técnico mais enfatizado por todos, pois a natureza da experiência educativa impõe o exercício da comunicação, do respeito ao outro, às diferentes opiniões, bem como da construção de consensos e a tomada de decisão, como bem relatado nos depoimentos.

Quanto ao terceiro objetivo, avaliar a percepção dos participantes do processo formativo, considera-se que este foi plenamente alcançado, visto que nas entrevistas captou-se e constatou-se em abundância as percepções e impressões pessoais. Ressalta-se o aspecto de significação dada à experiência como um todo, enfatizando a dimensão subjetiva e os aspectos vinculados à emoção, ao prazer, e à afetividade que o projeto imprime nos participantes com relação ao veículo, com os colegas e com o próprio aprendizado. Apesar de todos os contratempos, imprevistos, falhas e erros a que o projeto está sujeito, nota-se a valoração e sentido que os próprios estudantes atribuem às suas participações na equipe, bem como o reconhecimento de que vale a pena participar pelo ganho em termos de saberes, de aprendizado técnico e tecnológico, assim como de crescimento pessoal.

Quanto ao quarto objetivo específico, buscar uma vinculação com teorias de aprendizagem, tomando-se o pressuposto teórico assumido de que o projeto continha fatores e elementos pertinentes à teorização da aprendizagem ativa, as observações de campo deram provas inequívocas de que o projeto contempla preceitos de tal teorização, tais como: é uma experiência essencialmente centralizada no estudante, contempla a atividade prática, tem a resolução de problemas como ponto focal deflagrador do processo de busca por conhecimentos, estudo de hipóteses, interação e trabalho em grupo com discussão de

alternativas, aplicação de teoria na prática, orientação de professor ou especialistas, avaliação do processo, dentre outras características vistas no Capítulo 3.

Trata-se de um projeto integrador e formador de saberes, fundamentalmente baseado na aprendizagem ativa, obviamente com suas peculiaridades, como o fato de não ser viabilizado em uma disciplina curricular e pelo fato de ser um grupo de estudantes com autonomia relativa nas decisões e nos rumos do projeto técnico do veículo. É uma experiência formativa privilegiada do encontro da prática com a teoria pelo estudante que é ator central no processo, e a mobilização de saberes se dá no decorrer das atividades da equipe tanto na integração do saber prévio com o potencial, quanto no pôr em prática a teoria, ou em teorizar a prática. Portanto, considero que a pesquisa de campo corroborou o pressuposto teórico, pois há amplas evidências para tal e pode-se assegurar que a experiência formativa é um exemplar da aprendizagem ativa pois contempla seus preceitos.

Constata-se, ainda, no desenrolar das atividades que há claramente um ambiente favorável para a construção de soluções e de saberes, de certa forma conforme os Sete Passos da PBL, que sintetizam bem este processo de a partir de situações problema ir recorrendo aos tópicos e disciplinas à medida das necessidades de cada problema. Assim, pode-se assegurar também que o CEFAS BAJA e seu processo de aprendizagem segue a linha viabilizada pela estratégia ou abordagem da PBL, como referendado no Capítulo 4. Ademais, a experiência formativa guarda relação com a metodologia de projetos e toda sua noção de coordenação e integração das partes, capacitando os estudantes a atuarem em projetos de qualquer natureza, porte e complexidade.

Portanto, de posse destas considerações e assertivas acerca dos objetivos específicos, considera-se que o objetivo principal, bem como a questão da pesquisa foi atingida por consequência, isto é, alcançou-se uma compreensão da experiência e do processo educativo como um todo, de seu significado e de seu impacto sobre a aprendizagem nos estudantes, sobre a formação e desenvolvimento de saberes.

No entanto, a abordagem ativa da PBL não é isenta de críticas. A principal delas encontrada na literatura é a sintetizada por Hernández (1998, p.68) que aponta a crítica de alguns teóricos ao acusar o trabalho com projetos de deixar de trabalhar certos conteúdos, pois estes seriam secundários, de não trabalhar de forma integral e sistemática um corpo de conhecimentos - um programa de disciplina - dada a natureza dos projetos, ao passo que também, incorrer-se-ia na perda “de rigor lógico das matérias disciplinares” (HERNÁNDEZ, 1998, p.68). Entretanto, há que se contrapor o argumento de que em uma abordagem de

aprendizagem por problemas ou por projetos, a escola, faculdade ou universidade deve ter seu projeto político pedagógico orientado para tal, abrindo possibilidades para planos de ensino mais flexíveis, uma vez que, se uma proposta educacional visa a trabalhar com projetos, há que se encarar o fato de que eles, de forma geral, se situam num contexto de currículo interdisciplinar mesmo. Ademais, como nos lembram Grimoni *et al.* (2012, p.104) “há que se considerar a necessidade de se trocar a quantidade pelo que realmente é estruturante para a formação”. Assim, a escola e o professor devem se preparar para o uso de tal abordagem, adequando conteúdos e disciplinas; se este for o caso, ou seja, do uso da metodologia a disciplinas específicas. Importa ressaltar, aqui, a recomendação de Ribeiro (2005) de que a PBL não deve ser tomada como única solução aos problemas da educação em engenharia, e sim, constituir uma alternativa para viabilizá-la.

Perrenoud (1999) argumenta que, em uma abordagem por competências, os currículos precisam ser flexíveis e indicativos e não se tornarem uma “camisa de força”, e o percurso de aprendizagem não deve ser tomado como fixo mas como orientador do processo. E Demo (2007), por sua vez, aponta que os currículos deveriam ser vistos como uma orquestração de competências, ou seja, um arranjo modular flexível e harmonioso de saberes em função de um processo de aprendizagem e desenvolvimento de conhecimentos, e não uma receita pronta a ser seguida, desvinculada da realidade e de propósitos. Cada projeto, professor ou escola precisaria se adequar ao propósito da formação de saberes, donde não haveria tal conflito. Para Hernández (1998, p.86), os projetos não devem ser tomados como método mas, sim, como “uma maneira de refletir [e] reposicionar o saber escolar e a função da própria escola”, ou seja, é muito mais que uma estratégia, é mais uma concepção de educação. Entretanto, muitas das críticas ao método não se aplicam ao projeto CEFAST BAJA, uma vez que este não está circunscrito e não configura uma disciplina.

Outra crítica é a apontada por Grimoni *et al.* (2012, p.102) e refere-se ao quesito avaliação do estudante individualmente, bem como de seus saberes desenvolvidos e aprendidos, e, neste ponto, a crítica cabe ao projeto CEFAST BAJA, pois não há um instrumento formal de avaliação do aproveitamento dos estudantes. A crítica em geral é de que quando se trabalha com PBL ou projetos, não há como quantificar e medir o aprendizado principalmente de aspectos subjetivos, habilidades e atitudes - saberes e competências não técnicas – como, por exemplo, a capacidade de comunicação efetiva e saber falar em público, de negociar, ou de como se portar em situações e trabalho em equipe. Ora, tratam-se de dificuldades empíricas, e quanto a isso, os autores recomendam o uso de diários de registros,

entrevistas, produção de relatórios ou artigos científicos, ou até *feedback* de estudantes sobre sua inserção no mercado de trabalho, como indicadores de desempenho, aprendizado e de sucesso desta estratégia de aprendizagem. No caso do CEFAST BAJA, como não se trata de uma disciplina, talvez uma avaliação – de tópicos, temas ou áreas, e mesmo de atributos não técnicos - pudesse ser estabelecida ao longo do percurso ou no desligamento do estudante com a apresentação de um inventário de saberes via relatório de atividades desenvolvidas ou *mémoire* – memorial relatando a experiência vivida.

Entretanto, tais críticas não invalidam esta pesquisa, tampouco os benefícios inequívocos e o objetivo maior do processo de aprendizagem que é, a saber, formar e educar engenheiros competentes, reflexivos, capazes de buscar conhecimentos e solucionar problemas diversos, e capazes de intervir no mundo, porque aprenderam a aprender.

Quanto às minhas recomendações ao projeto CEFAST BAJA, após acompanhá-lo por um ano, as impressões são de que o projeto transcorre no caminho certo, do enfrentamento às adversidades de toda ordem, no caminho do aprimoramento contínuo sempre como lema, do aprimoramento da gestão do projeto técnico do protótipo, da gestão do tempo, e do conhecimento, pois como nos lembra Bachelard (1999, p.265), o aprimoramento contínuo é “a base da cultura científica moderna”. Cabe aos participantes a constante avaliação e leitura crítica dos processos e subprocessos, dos problemas e como foram enfrentados e, mais importante, tomar os erros e falhas como elementos fundantes do processo de evolução do aprendizado pessoal, buscando sempre efetuar a avaliação formativa, aquela que ocorre ao longo de todo o percurso - não somente no pós-competição - por meio de *feedback* aos seus pares, à equipe e ao professor e, obviamente de efetuar as ações corretivas, em qualquer ambiente de aprendizado, na escola e na vida.

A despeito de que o apoio institucional ao projeto melhorou muito ao longo dos anos em termos materiais, recomendaria à instituição CEFET-MG que a experiência deste projeto pudesse ser estendida sob outras formas à graduação, fortalecendo os princípios constantes em seu PDI - formação tecnológica levando à compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, bem como, a integração teoria e prática - e assim, estendendo a experiência a mais estudantes, tendo em vista a forte contribuição na formação tecnológica integral e não meramente técnica. Talvez viabilizando competições internas para disseminar a cultura da aprendizagem ativa, e na cultura do espírito científico que o projeto suscita, algo que poderia encontrar limites e restrições em questão de recursos e em sua estruturação formal, mas trata-se de uma sugestão.

Permito-me ainda, recomendar à instituição, que esta oferta não fosse na modalidade Atividades Complementares ou mesmo Extensão, no sentido apontado por Demo (2007), como algo acessório “agregado, anexado”, mas como componente formal dos cursos, de forma a incorporar tanto os princípios da aprendizagem ativa quanto a PBL ao processo educativo em um projeto integrador de saberes, ou ainda, de forma mais arrojada, adotando tais princípios como métodos de aprendizagem da instituição, compondo uma arquitetura educacional. Se se almeja alcançar o patamar de uma universidade tecnológica em seu sentido pleno, entendendo-a como um fenômeno sócio-histórico e econômico vinculando-a à pesquisa, à ciência e ao trabalho produtivo (LIMA FILHO, 2010), há que se buscar promover e estender a amplitude de projetos como este, e optando por este caminho a instituição não jogaria fora,

[...] a chance formidável de postar-se no centro do desenvolvimento humano, ocupando aí o papel de matriz essencial da competência humana histórica. Mantendo como instrumentação crucial a reconstrução do conhecimento inovador, tem por objetivo cultivar o tipo mais consciente, crítico, reconstrutivo e humanizador de cidadania, levando à intervenção inovadora e ética na sociedade [...] (DEMO, 2007, p.62).

Este seria um caminho a trilhar, pois a educação em ciência e tecnologia pressupõe ações no sentido da aprendizagem ativa, da PBL, e do projeto CEFAS BAJA, qual seja, alargar a experiência educativa aliando teoria e prática com a vivência efetiva na resolução de problemas e na formação do espírito científico questionador e inovador, isto é, educar pela pesquisa, como defende Demo (2007), tornando a pesquisa um princípio educativo, pois ela “é a atividade básica da ciência, na sua indagação e construção da realidade. É ela que alimenta a construção do conhecimento e que o atualiza frente a realidade do mundo” (TONINI, 2009, p.48). Para tanto, há que se trabalhar e desenvolver no estudante o seu sujeito *epistêmico*, a motivação epistêmica, o sujeito ativo e reflexivo, o sujeito que interage construtivamente, e aquele que atribui significado ao seu processo de aprendizagem. Atribuindo aos saberes desenvolvidos um caráter instrumental, instrumentos do aprender a aprender, a fim de se alcançar uma gestão do conhecimento como competência humana e transversal. Desta forma, a instituição promoveria de forma mais ampla a construção de conhecimentos, habilidades e atitudes nos seu corpo discente, cumprindo o papel maior da universidade de formar não somente profissionais competentes, mas cidadãos plenos e capazes de intervir na sociedade.

Como futura pesquisa, fica o desejo e a intenção de avançar no sentido de avaliar as atividades práticas ofertadas pela instituição, verificando até que ponto elas são

experiências verdadeiras de formação e desenvolvimento de saberes, buscando estabelecer parâmetros ou modelizando condições e objetivos de aprendizagem para tal, bem no sentido da pesquisa em *Design* Educacional ou ainda vinculando o processo educativo aos níveis de aprendizado conforme Taxonomia de Bloom. Outra linha de pesquisa futura seria aprofundar no sentido de se investigar em que condições um processo educativo proporciona a inovação tecnológica gerada a partir de um processo de aprendizagem. Ainda outra possibilidade de pesquisa seria um estudo comparativo entre grupos de estudantes que passaram pela experiência, e aqueles que não passaram, buscando estabelecer modelos ou parâmetros de eficácia quanto ao processo educativo por diferentes metodologias, mas há aqui uma dificuldade empírica inicial, dada a rotatividade dos estudantes, e a própria imprecisão de aspectos ligados as competências, mas isso pode significar um desafio.

Esta pesquisa foi uma rica e significativa incursão neste processo educativo e neste universo da engenharia que está sempre em mudança e evolução, onde o maior desafio é continuar a buscar o saber e aprender a aprender. Espera-se que esta pesquisa possa contribuir para a compreensão desta experiência de construção de saberes, bem como para seu fortalecimento em vistas de sua continuidade e expansão como estratégia institucional visando uma educação integral. Como afirma Charlot (2000, p.64), se o saber é uma relação com o mundo, o processo de aprendizagem que estabelece esta relação com o mundo é que deve ser o objeto da educação assim como o é na aprendizagem ativa e na PBL, visando à continuidade e ao crescimento.

Descobri que esta experiência educativa, fundada numa epistemologia crítica, relacional e construtivista (LODER, 2009) é uma aventura extraordinária e me faz acreditar que é possível trabalhar a educação integral por meio da aprendizagem ativa, por meio da PBL, e com o intuito de se preparar o jovem a adentrar tanto no universo profissional, quanto no universo da ciência e tecnologia, uma vez que essa experiência contempla a convergência da teoria e da prática, a formação do pensamento reflexivo e do espírito científico necessários ao progresso, a construção de saberes, bem como, a formação de um indivíduo capaz de intervir em seu meio.

Portanto, considero que o projeto CEFAS BAJA consolida verdadeiramente um processo de aprendizagem por meio da “descoberta e experiência do erro” (BACHELARD, 1999, p.258), um processo de mobilização e incorporação de saberes, visto que “saber é um processo” (BRUNER, 1996), processo este tanto de crescimento pessoal quanto profissional, para o trabalho e para a vida. Espera-se que compreender esta experiência contribua para a

prática educacional na Educação em Engenharia, tanto para o docente em sua atuação mediadora, quanto para o discente, no sentido de demonstrar que ele deve tomar consciência do papel principal que tem no processo de aprendizagem, de ser responsável pelo seu próprio desenvolvimento, fazendo a gestão de seus conhecimentos de forma reflexiva. Espera-se ainda que esta pesquisa possa contribuir no sentido de se apontar uma direção tornando o ensino em engenharia em uma Educação em Engenharia.

REFERÊNCIAS

ABBAGNANO, N. **Dicionário de filosofia**. São Paulo: Mestre Jou, 1982.

ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa**. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2002.

ARAUJO, V.C.N. **Contribuições da metodologia de projetos para o exercício da função de pensar**. 2009. Dissertação (Mestrado em Educação Tecnológica) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, CEFET MG, Belo Horizonte.

ARMSTRONG, P. **Bloom's Taxonomy**. Center for Teaching. Vanderbilt University. 2016. Disponível em: <https://cft.vanderbilt.edu/guides-sub-pages/blooms-taxonomy/> Acessado em 07.06.16.

AUSUBEL, D. P. **Educational Psychology, a cognitive view**. New York: Holt, Rinehart and Winston Inc., 1968. Cap. 2, p.37-79.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa/Portugal: Edições 70. 1977.

BENNO, S. **Políticas públicas e gestão democrática da educação**. Brasília: Líber Livro Editora, 2005.

BIANCO, M.F., ZANDONADE, V. O trabalho abstrato e a noção de competências: discutindo essa inter-relação no contexto do trabalho industrial. **Revista O&S**, Salvador, v. 21, n. 70, p. 443-466, jul/set 2014. Disponível em: www.revistaoes.ufba.br. Acessado em 05.05.16.

BOGDAN, R.C., BIKLEN, S.K. **Investigação qualitativa em educação**. Porto/Portugal: Porto, 1994.

BOYATZIZ, R.E. Competencies in the 21st century. **Journal of Management Development**. V.1.27, n.1, 2008. Disponível em

<http://ebookbrowse.net/gdoc.php?id=544194186&url=69b47d3ce0bcd36916143b4aa90259b9>. Acessado em 18/01/2016.

BORGES, M. N. Prefácio. In: PINTO, D. P., NUNES, R. C. P., OLIVEIRA, V. F. (Orgs.) **Educação em engenharia; evolução, bases e formação**. Juiz de Fora: FMEPRO, 2010.

BOSCH, R. **Manual de tecnologia automotiva**. Tradução da 25ª edição alemã. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2005.

BRASIL. **Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília/DF, 1996.

BRUNER, J.S. Culture, mind and education. In :____(org.). **The culture of education**. Cambridge/Massachusetts/USA: Harvard University Press, 1996. P.1-43.

BRUNER, J.S. **Uma nova teoria de aprendizagem**. Rio de Janeiro: Bloch Editores, 1969.

CARVALHO, J.S. **Reflexões sobre educação, formação e esfera pública**. Porto Alegre: Penso, 2013.

CARVALHO, L.A. **Competências requeridas na atuação profissional do engenheiro contemporâneo**. 2014. Dissertação (Mestrado). CEFET MG, Belo Horizonte/MG.

CASALE, A. **Aprendizagem Baseada em Problemas – desenvolvimento de competências para o ensino em engenharia**. 2013. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos da USP, São Carlos/SP.

CHARLOT, B. **Da relação com o saber, elementos para uma teoria**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

CHARLOT, B. A noção de relação com o saber: bases de apoio teórico e fundamentos antropológicos. In: CHARLOT, B.(Org.). **Os jovens e o saber, perspectivas mundiais**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.

CHOMSKY, N. **Noam Chomsky defines what it means to be a truly educated person**. Open Culture. Abr. 2016. Disponível em: < <http://www.openculture.com/2016/04/noam-chomsky-defines-what-it-means-to-be-a-truly-educated-person.html>. Acesso em: 10 maio 2016.

CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. **Resolução CNE/CES/11/2002, aprovado em 11 de marco de 2002.** Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Diário Oficial da União, Brasília/DF, 9 de abril de 2002. Seção 1.

CUNHA, D. M., LAUDARES, J.B. Trabalho: um objeto transdisciplinar esperando reconhecimento. In: ____ (Orgs.). **Trabalho; diálogos multidisciplinares.** Belo Horizonte: UFMG, 2009. p.50-75.

DARMOFAL, D.L. Engineering education. **Aerospace Computational Design Laboratory;** research, people, publications, seminars. Disponível em: <http://raphael.mit.edu/EngineeringEducation.html>. Acessado em: 16/06/06

DELORS, J. (Org.) et al. **Educação, um tesouro a descobrir, Relatório para UNESCO da Comissão Internacional sobre educação para o século XXI.** Brasília: Unesco, 2010.

DEMO, P. **Educar pela pesquisa.** 8^a. ed. Campinas/SP: Autores Associados, 2007.

DEWEY, J. **Como pensamos: como se relaciona o pensamento reflexivo com o processo educativo, uma reexposição.** 4^a. ed. São Paulo: Ed. Nacional, 1979.

DEWEY, J. **Experiência e educação.** Petrópolis, RJ: Vozes, 2010.

DUGUE, E. A lógica da competência: o retorno do passado. In: TOMASI, A. (Org.) **Da qualificação à competência: pensando o século XXI.** Campinas: Papirus, 2004. p.19- 32.

ESTATUTO. **Estatuto da Equipe CEFAST BAJA CEFET-MG.** Belo Horizonte: CEFET-MG, 2016. Mimeografado.

FABREGAT, A., GARCIA, D. O sujeito como sistema cognitivo processador de informação e construtor de significados. In: MINGUET, P.A.(Org.). **A construção do conhecimento na educação.** Porto Alegre: Artmed, 1998, p. 81-109.

FELDER, R.M., SILVERMAN, L.K. Learning and teaching styles in engineering education. **Engr. Education,** 78(7), 674–681, 1988. Disponível em < <http://http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/LS-1988.pdf>. Acessado em: 20/04/2016.

FERREIRA, A.B.H. **Novo dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986.

FLEURY, M.T.; FLEURY, A. Construindo o conceito de competência. **Rev. Adm. Contemp.**, Curitiba, v.5, n.spe, 2001. Disponível: http://www.sciello.php?script=sci_arttext&pid=S1415-5552001000500010&lng=en&nrm=iso> Acesso em 18/01/2016.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários a prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FRANÇA, J. L., VASCONCELOS, A.C. **Manual para normalização de publicações técnico-científicas**. 8ª. ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2007.

GADOTTI, M. **História das ideias pedagógicas**. São Paulo: Ática, 1999.

GRIMONI, J.A.B. et al. Aprendizagem ativa na educação em engenharia. In: OLIVEIRA, V.F. et al. (Orgs.). **Desafios da educação em engenharia: vocação, formação, exercício profissional, experiências metodológicas e proposições**. Brasília/Blumenau: ABENGE/EdiFURB, 2012. p.60-111.

HERNÁNDEZ, F. **Transgressão e mudança na educação: os projetos de trabalho**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

HERNÁNDEZ, F., VENTURA, M. **A organização do currículo por projetos de trabalho**. 5.ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

HOUDE, O. Aprendizagem. In: ZANTEN, A.V. (Org.). **Dicionário de educação**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.

KELLY, A.E., LESH, R.A., BAEK, J. Y. (Orgs.). **Handbook of design research methods in education: innovations in science, technology, engineering, and mathematics learning and teaching**. New York: Routledge, 2008.

KERZNER, H. **Gestão de projetos: as melhores práticas**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

KILPATRICK, W.H. **Educação para uma civilização em mudança**. 2ª. ed. São Paulo: Melhoramentos, 1952.

LAKATOS, E.M., MARCONI, M.A. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2003.

LIMA FILHO, D.L. Universidade tecnológica e redefinição da institucionalidade da educação profissional, concepções e práticas em disputa. In: MOLL, J. et al. **Educação profissional e tecnológica no Brasil contemporâneo, desafios, tensões e possibilidades**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

LODER, L.L. **Engenheiro em formação: o sujeito da aprendizagem e a construção do conhecimento em engenharia elétrica**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Educação, 2009, Porto Alegre/RS.

LOPES, A. O. Relação de interdependência entre ensino e aprendizagem. In: VEIGA, I. P. A. (Org.). **Didática: o ensino e suas relações**. Campinas: Papirus, 1996. p.105-114.

MINAYO, M.C. S. et al. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 1996.

MINGUET, P.A. O construtivismo na educação. In:____(Org.). **A construção do conhecimento na educação**. Porto Alegre: Artmed, 1998, p. 11-50.

MIZUKAMI, M. G. N. **Ensino: as abordagens do processo**. São Paulo: EPU, 1986. Disponível:http://www.aedi.ufpa.br/parfor/letras/images/documentos/ativ1_2014/abaetetuba/tomeacu2011/ensino_as%20abordagens%20do%20processo.pdf. Acessado em 20/02/2016.

MOREIRA, M.A., CABALLERO, M.C., RODRIGUEZ, M.L. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. In: ENCUESTRO INTERNACIONAL SOBRE EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO, 1997, Burgos/Espanha. *Atas...* Burgos/Espanha, p. 19-44. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigsubport.pdf>. Acessado em 17/03/2016.

MORIN, E. **A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento**. 17ª. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

NETO, O.M. et ali. Fundamentos teóricos de estratégias de problem based learning e Project based learning nas experiências de educação em engenharia. In: OLIVEIRA, V.F., TOZZI, M.J., LODER, L.L. (Orgs.). **Desafios da educação em Engenharia; formação em engenharia, capacitação docente, experiências metodológicas e proposições**. Brasília: ABENGE, 2014. p.9-88.

NOVAK, J.D. **Uma teoria de educação**. São Paulo: Pioneira, 1981.

OLIVEIRA, M.R.N.S. Mudanças no mundo do trabalho: Acertos e desacertos na proposta curricular para o Ensino Médio (Resolução CNE 03/98). Diferenças entre formação técnica e formação tecnológica. **Educação & Sociedade**, ano XXI, n. 70, Abril/00, pg. 42.

OLIVEIRA, V. F. Crescimento, evolução e o futuro dos cursos de engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**. V. 24, n.2 ,p. 3-12, 2005.

OLIVEIRA, V. F. et al. A expansão do número de cursos e de modalidades de engenharia. In: XLIII CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCACAO EM ENGENHARIA – COBENGE 2015. São Bernardo do Campo/SP. **Anais eletrônicos...** São Bernardo do Campo/SP, 2015. Disponível:<http://www.ufjf.br/observatorioengenharia/files/2012/01/Cobenge2015versaosite.pdf>. Acessado em: 03/06/2015.

PACHECO, R.C.S. **Pós-graduação inovadora**. UFSE. Disponível: <<http://pt.slideshare.net/rpacheco/psgraduao-interdisciplinar>>. Acessado em: 30/09/2015.

PERRENOUD, P. **Construir as competências desde a escola**. Porto Alegre: Artmed, 1999.

PERRENOUD, P. **Desenvolver competências ou ensinar saberes? A escola que prepara para a vida**. Porto Alegre: Penso, 2013.

PLANO DE DESENVOLVIMENTO INSTITUCIONAL – PDI: POLÍTICA INSTITUCIONAL 2011- 2015 / CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS; Maria Rita Neto Sales Oliveira, Anadel Aparecida Baptistella, Ramon Augusto Ferrão (Orgs.). – Belo Horizonte: CEFET-MG, 2012. 119 p. Disponível em <http://www.cefetmg.br>.

PIAGET, J. Fundamentos científicos para a educação do amanhã. In: PIAGET, J. et al. **Educar para o futuro**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1974. p.9-33.

PIAGET, J. **Fazer e compreender**. São Paulo: Melhoramentos Editora da Universidade de São Paulo, 1978.

PIAGET, J. **Psicologia e pedagogia**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1985.

PINTO, D. P., NUNES, R.P., OLIVEIRA, V.F. (Orgs.). Prefácio. **Educação em engenharia, evolução, bases e formação**. Juiz de Fora: Fórum Mineiro de Engenharia de Produção – FMEPRO Editora, 2010.

PINTO, A.V. **O conceito de tecnologia**. Vol. 1. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005. Págs. 135-169.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE – PMI. **Um guia do conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos**. Pennsylvania/USA, 2004. 3ª. Edição.

PUGLIESI, M. **Manual completo do automóvel: mecânica, especificações, manutenção**. São Paulo: Hemus, 1976.

REY, B. **As competências transversais em questão**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

RIBEIRO, L.R.C. **A aprendizagem baseada em problemas (PBL): uma implementação na educação em engenharia na voz dos atores**. 2005. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.

ROGERS, C.R. **Liberdade para aprender**. Belo Horizonte: Interlivros, 1978.

SAE BRASIL. 2016. Disponível em: <<http://www.saebrasil.org.br>>. Acesso em: abr. 2016.

SANTOS, C.A.M. et ali. Sócio-construtivismo e o uso de metodologias ativas de aprendizagem no ensino de engenharia. In: OLIVEIRA, V.F., TOZZI, M.J., LODER, L.L. (Orgs.). **Desafios da educação em Engenharia; formação em engenharia, capacitação docente, experiências metodológicas e proposições**. Brasília: ABENGE, 2014. p.89-152.

SANTOS, L. **Flexibilização curricular**. Fórum de coordenadores de cursos. 26/06/2003. Disponível:<http://www.prograd.ufrn.br/conteudo/documentos/outros/flexibilizacaocurricular.doc>. Acessado em 02/06/2016.

SAVIANI, N. **Saber escolar, currículo e didática; problemas da unidade conteúdo/método no processo pedagógico**. Campinas, SP: Autores Associados, 1994.

SILVA, F.W.O; SENRA, C.M.S., FARINHA, C.A. Os estilos de aprendizagem na formação de engenheiros gestores. **Ciência & Cognição**, 2012; vol. 17(1): 058-072. Disponível em ><http://www.cienciaecognicao.org><. Acessado em 04/11/2016.

SILVA, V.C.; SILVA, P. O.M.; SOUZA, S.P. As representações sociais sobre competência entre os administradores. In: XXXVII EnANPAD, 2013. **Anais...**Disponível em:> http://www.anpad.org.br/admin/pdf/2013_EnANPAD_GPR89>. Acessado em 04/11/2016.

SCHON, D. A. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

SOUZA, A.C.G., PINTO, D.P., PORTELA, J.C.S. Lei de diretrizes e bases da educação e diretrizes curriculares nacionais para a engenharia. In: PINTO, D. P., NUNES, R.P., OLIVEIRA, V.F. (Orgs.). **Educação em engenharia, evolução, bases e formação**. Juiz de Fora: Fórum Mineiro de Engenharia de Produção – FMEPRO Editora, 2010, p. 35-53.

SOUSA, S.O. **Blended online POPBL: uma abordagem blended learning para uma aprendizagem baseada em problemas e organizada em projetos**. 2015. Tese (Doutorado) – UNESP, Presidente Prudente, SP.

TARDIFF, M., LESSARD, C. **O trabalho docente, elementos para uma teoria da docência como profissão de interações humanas**. Petrópolis: Vozes, 2005.

TEIXEIRA, A.S. **Pequena introdução à filosofia da educação; a escola progressista ou a transformação da escola**. 6.ed. São Paulo: Editora Nacional, 1971.

TELLES, P.C.S. **História da engenharia no Brasil: séculos XVI a XIX**. 2ed. Rio de Janeiro: Clavero, 1994.

TONINI, A. M. **Novos tempos, novos rumos para a engenharia**. Belo Horizonte: Fundac-BH, 2009.

TONINI, A. M.; LIMA, M. L. R. **Atividades Complementares: Uma Abordagem Pedagógica para Mudar o Ensino de Engenharia**. Revista de Ensino de Engenharia, v. 28, p. 36-44, 2009.

TRIVINOS, A.N.S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

VARGAS, R.V. **Gerenciamento de projetos; estabelecendo diferenciais competitivos**. Rio de Janeiro: Brasport, 2002.

VYGOTSKY, L.S. **A formação social da mente; o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores.** São Paulo: Martins Fontes, 2010.

WITTORKSI, R. Da fabricação das competências. In: TOMASI, A. (Org.) **Da qualificação à competência: pensando o século XXI.** Campinas, SP: Papirus, 2004, p.75-92.

YIN, R.K. **Estudo de caso, planejamento e métodos.** Porto alegre: Bookman, 2005.

ZARIFIAN, P. **Le travail et l'événement; essai sociologique sur le travail industriel à l'époque actuelle.** Paris: Éditions l'Harmattan, 1995, p. 7-57.

ZARIFIAN, P. **Objetivo competência, por uma nova lógica.** 1^a. ed. 5^a reimpr. São Paulo: Atlas, 2012.

APÊNDICES

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

A Sra./O Sr. está sendo convidada(o) como voluntária(o) a participar da pesquisa: **O processo de aprendizagem, formação e desenvolvimento de saberes do engenheiro através do projeto interdisciplinar do veículo Cefast Baja no CEFET MG**. Neste estudo pretendemos conhecer como é o processo de aprendizagem na formação do engenheiro através de projeto da construção de um protótipo de veículo. Justifica a proposição deste estudo a busca por examinar o processo formativo da educação profissional tecnológica de nível superior uma vez que a sociedade contemporânea espera que o estudante, futuro engenheiro, ao ingressar na vida profissional seja capaz de mobilizar saberes e competências consolidadas gerando inovações e desenvolvimento em termos de processos, produtos e serviços, bem como, exercer plenamente a cidadania.

Ademais, justifica-se também por buscar compreender uma experiência de processo formativo, e propiciará um melhor entendimento sobre a prática docente, além de ser importante investigar alternativas pedagógicas, ou seja, estratégias de ensino-aprendizagem e suas metodologia de aplicação. Espera-se por meio dessa pesquisa a construção de uma resposta bem como oferecer uma contribuição no entendimento do processo ensino-aprendizagem tal como ensejado pelo delineamento do objeto de pesquisa, na justificativa e nos objetivos propostos.

Como procedimento metodológico será adotado as entrevistas com participantes do processo de formação. Para participar deste estudo você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecida(o) sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido pelo pesquisador.

A pesquisa será conduzida pelo pesquisador **Jarbas da Cunha e Silva**, mestrando do Curso de Mestrado em Educação Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET – MG), sob a orientação da Prof.^a. Dr.^a. Adriana Maria Tonini, a quem o/a Sr/Sra. poderá contatar/consultar a qualquer momento que julgar necessário através do telefone (31) 997372706 ou e-mail: jcsqforit@gmail.com.

O pesquisador irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. A Sra./ O Sr. não será identificada (o) em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável, no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais e a outra será fornecida a você. Acrescenta-se que esta Pesquisa teve o seu Projeto de Pesquisa bem como objetivos e descritivos metodológicos, incluindo o roteiro de entrevistas submetidos ao Comitê de Ética em Pesquisa Newton Paiva, localizado a Avenida Carlos Luz, 987, bairro Caiçara, Belo Horizonte/MG, CEP 31230-070, e-mail cep@newtonpaiva.br, telefone 31 3516-2547.

Caso haja danos de qualquer ordem ou natureza aos participantes da pesquisa, o pesquisador assumirá a responsabilidade pelos mesmos.

Eu, _____, portador (a) do documento de Identidade _____ fui informado (a) dos objetivos do estudo **O processo de aprendizagem, formação e desenvolvimento de saberes do engenheiro através do projeto interdisciplinar do veículo Cefast Baja no CEFET MG** de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar.

Declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada à oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Belo Horizonte, ____ de _____ de 2016.

Nome Assinatura participante

APÊNDICE B – OBSERVAÇÕES DE CAMPO

Observações de Campo - Pesquisa
Local / Data:
Participantes:
Do Professor
Explicita objetivos da reunião?
Orientação dada sobre tópicos é geral ?
Orientação é específica ?
Se dirige a equipe como um todo?
Trabalha individualmente com o aluno?
Relação é pautada em hierarquia?
Orienta a resposta ou indica proximidade de conhecimentos via prática e enfrentamento de problemas?
Diante de problemas encoraja progressão na assimilação de conhecimentos?
Identifica e ajuda o aluno a identificar um obstáculo e torná-lo o ponto nodal da ação pedagógica?
Faz um balanço das ações com os alunos analisando o processo/ligando teoria e prática?
Mostra habilidade com ambiente complexo, incerto e com a dinâmica de trabalho em grupo e por projetos?
Negocia / media situações problema com alunos?
Comunicação se faz clara – metacomunicação ?
Apresenta conhecimentos e gestão de processos/projetos/dinâmica de grupos?
Conduz o processo de forma flexível, sujeito a improvisações ou ajustes de percurso?
Há algum planejamento indicativo/previo?
Faz balanço do processo com alunos - feed back - considerando conhecimentos adquiridos e faltas observadas?
Incentiva a experimentação?
Aceita erros como forma de regulação e de progresso?
Valoriza a cooperação? Ouve, respeita, e incentiva a participação do aluno?
Pratica avaliação formativa?
Aceita desempenhos e as competências coletivos? Avaliação coletiva?
Envolve alunos na avaliação de suas próprias competências?
Valoriza a transversalidade potencial nas atividades/situações-problema? Ou seja, indica áreas comuns de conhecimento (fora de seu campo de especialização?), com outras disciplinas = interdisciplinaridade?
Do estudante
Mostra-se envolvido/participa de esforço coletivo na atividade?
Estudante tem direito a ensaios e erros, explicitação de raciocínios, tomar consciência de sua maneira de aprender e comunicar-se?
Há envolvimento físico e mental, presença dos alunos nas atividades? Como se comportam de maneira geral?
Busca estudar problema individualmente?
Tenta resolver antes de pedir auxílio?
Questões postas estão na zona de proximidade do conhecimento prévio do aluno?
Como apresenta a dificuldade, problema ou obstáculo ? Como exercita a reflexao?
Da interação e do Processo
Como é o formato geral da reunião?
Como é a comunicação entre os participantes? Como se comportam?
Qual é a dinâmica de enfrentamento dos problemas? A ação é o fundamento pela busca do conhecimento? O problema é o ponto focal do processo de busca por conhecimento?
O problema é analisado, esclarecendo-se o contexto do problema, bem como o objetivo da aprendizagem?
Os problemas são abertos, sem indicação de método nem como solucioná-los?
O grupo define/formula o problema? Estabelecem-se processos, soluções a buscar ou conhecimentos a aprofundar?
Debatem livremente possibilidades? Sistematizam aspectos debatidos anteriormente? Visando plano de ações?
Ativam-se conhecimentos prévios? Há mobilização de saberes de forma interdisciplinar? Ou Intradisciplinar?
Como se ocorre a mobilização de pessoas - tarefas são pessoais ou coletivas?
Grupo volta a se reunir permitindo a construção de uma proposição de ação e solução?
Como é tratado o erro, a tentativa e a avaliação?
Parte reflexiva - Reflexões e apontamentos livres do observador/pesquisador sobre a análise, o método, aspectos pedagógicos gerais, e pontos de esclarecimento:

APÊNDICE C – ROTEIRO PARA ENTREVISTA – Estudante

Data: / / Mas. () Fem. () Idade () Curso/Período:

1. Qual foi a motivação a participar da equipe? A quanto tempo participa? O que você sabia sobre veículos ou sobre o subsistema em que atua antes de entrar na equipe?
2. Como se dá a relação interpessoal com os colegas? E com os mais experientes? (Bajeiros veteranos, ex Bajeiros e Professor?) Como é a comunicação entre vocês? Você tem direito a fala? Sente-se à vontade para expor dúvidas, discutir alternativas/sugestões? Como encara as diferentes opiniões e a questão da liderança?
3. Quais são os problemas que aparecem na equipe? E de que tipo? E no veículo? Vocês discutem o problema antes de iniciar a busca por soluções? Estabelecendo objetivos e processos de solução/planos de ação? Como distribuem as tarefas no subsistema?
4. Descreva como você desenvolve as tarefas que lhe são destinadas ou os problemas que aparecem ao longo das atividades? Que passos toma na busca por informações e conhecimento?
5. Em alguma fase das atividades precisou buscar ajuda em outras matérias e com outros professores? Tentou resolver por si só antes de pedir auxílio externo?
6. Você tem direito a ensaios e erros? Como lida com o erro?
7. Em alguma fase ou dificuldade alguém o auxiliou nas tarefas? E você já ensinou um colega algo que sabia?
8. O que você aprendeu em suas buscas, o que aprendeu estava indicado o caminho da solução ou você acredita que investigou e pesquisou o problema, suas causas, consequências? Foi necessário o auxílio de terceiros ou acredita que faria sozinho?
9. Você participou do projeto do veículo desde o início? Como contribuiu na concepção e construção do veículo? O que o veículo tem de você? Você tentou melhorar o veículo em algum item, aprimorar algum sistema ou elemento? Você teve liberdade e curiosidade para contribuir na melhoria do veículo?
10. Como vê o trabalho desde o projeto até o dia da competição? Fases desenvolvimento de projeto, estudos, montagem, avaliação final.
11. Como você avalia a sua participação na equipe? E seu próprio aprendizado
12. Como você avaliaria os colegas e a equipe em geral? Como você avaliaria o papel do Professor? Como você avalia as reuniões da equipe?
13. Como você recebeu a avaliação externa, na competição?
14. Como vê a experiência formativa pela qual está passando? O que acha que aprendeu na equipe até hoje? Você já utilizou algo que aprendeu em outras situações?
15. Como esta experiência afetou sua capacidade de estudar autonomamente?
16. Você acredita que esta vivência terá efeito duradouro para toda a vida? Sobre a maneira trabalhar? Que impacto acredita que esta experiência terá na sua vida profissional?
17. Modificou suas crenças, valores e concepções do papel do estudante, do Professor, do que é aprender?
18. O que pensa que foi a característica mais marcante neste processo de aprendizado?
19. Diria que há algo negativo na experiência? O que melhoraria? Qual sua motivação para estar na equipe ainda?
20. O que é saber, conhecimento e competência para você?
21. Qual é a emoção em ser parte da equipe e de ser um bajeiro? O que este veículo significa pra você?

APÊNDICE D – ROTEIRO PARA ENTREVISTA – Ex-integrante

Data: / / Mas. () Fem. () Idade () Curso de formação:

1. Qual foi a motivação a participar da equipe? Durante quanto tempo participou? O que você sabia sobre veículos / subsistema em que atuou antes de passar pela experiência?
2. Como se dava a relação interpessoal com os colegas? E com os mais experientes? (Bajeiros veteranos, ex Bajeiros e Professor?) Como era a comunicação entre vocês? Você tinha direito a fala? Sentia-se à vontade para expor dúvidas, discutir alternativas ou sugestões? Como encarava as diferentes opiniões e a questão da liderança?
3. Quais eram os problemas que apareciam na equipe? E no veículo? De que tipo? Vocês discutiam o problema antes de iniciar a busca por soluções? Estabelecendo objetivos e processos de solução? Como distribuía as tarefas no seu subsistema?
4. Descreva como você desenvolvia as tarefas e os problemas que lhe eram destinadas e que apareciam ao longo das atividades? Que passos tomava na busca por informações e conhecimento?
5. Em alguma fase das atividades precisou buscar ajuda em outras matérias e com outros professores? Tentou resolver por si só antes de pedir auxílio externo?
6. Você tinha direito a ensaios e erros? Como lidava com o erro? E com improvisações?
7. Em alguma fase ou dificuldade alguém o auxiliou nas tarefas? E você já ensinou um colega algo que sabia?
8. O que você aprendeu em suas buscas, o que aprendeu estava indicado o caminho da solução ou você acredita que investigou e pesquisou o problema, suas causas, consequências? Foi necessário o auxílio de terceiros ou acredita que faria sozinho?
9. Você participou do projeto do veículo, desde o início? Como contribuiu na construção do veículo? O que o veículo tinha de você? Você tentou melhorar o veículo em algum item, aprimorar algum sistema ou elemento? Você teve liberdade e curiosidade para contribuir na melhoria do veículo?
10. Como vê hoje o trabalho desde o projeto até o dia da competição? Fases desenvolvimento de projeto, estudos, montagem, avaliação final.
11. Como você avalia a sua participação na equipe? E seu próprio aprendizado? (Uma vez que não há nota de disciplina).
12. Hoje, como você avaliaria os colegas e a equipe em geral? Como você avaliaria o papel do Professor? Como você avalia hoje as reuniões da equipe?
13. Como você recebeu a avaliação externa, quando participou da competição?
14. Como vê a experiência formativa pela qual passou? O que acha que aprendeu na equipe? Você já utilizou algo que aprendeu em outras situações?
15. Como esta experiência afetou sua capacidade de estudar autonomamente?
16. Você acredita que esta vivência teve e terá efeito duradouro para toda a vida? Sobre a maneira de trabalhar? Que impacto acredita experiência terá na sua vida profissional?
17. Modificou suas crenças, valores e concepções do papel do estudante, do Professor, do que é aprender?
18. O que pensa que foi a característica mais marcante neste processo de aprendizado/formação?
19. Diria algo negativo da experiência? O que melhoraria? Qual sua motivação para ficar na equipe pelo tempo que permaneceu?
20. O que é saber, conhecimento e competência para você?
21. Qual é a emoção em ser parte da equipe e de ser um ex-bajeiro? O que este veículo significa pra você?
22. O que pensa do apoio institucional do CEFET?

APÊNDICE E – ROTEIRO PARA ENTREVISTA – Professor

Data: / / Mas. () Fem. () Idade () Formação :

1. Qual foi sua motivação a participar da equipe como professor coordenador? E a quanto tempo atua como coordenador?
2. Como se dá a relação interpessoal com os estudantes? Como é a comunicação entre vocês?
3. Você participa das discussões de problemas, estabelecendo processos de solução ou planos de ação? Há algum plano de trabalho?
4. Descreva como você desenvolve o trabalho com a equipe? E como conduz as tarefas e os problemas que aparecem ao longo das atividades? Como negocia conflitos, tarefas, papéis e problemas na equipe? E no veículo?
5. Em alguma fase ou dificuldade você precisou intervir diretamente, pautando-se na hierarquia? Sente-se à vontade para determinar tarefas?
6. Trabalha conjuntamente com outros professores? Em algum momento das atividades precisou buscar auxílio externo?
7. Você participou/supervisionou o projeto do veículo, desde o início? Tem conhecimento de gestão de projetos?
8. Como lida com improvisações? Como lida com a imprevisibilidade no trabalho? Como lida com ambientes incertos, complexos?
9. Como lida com assuntos que você não domina / não conhece e que aparecem no decorrer do percurso de construção do protótipo?
10. Você já utilizou algo que aprendeu nesta prática pedagógica em outras situações?
11. Como vê o trabalho desde o projeto até o dia da competição? Fases desenvolvimento de projeto, montagem, avaliação final.
12. Como você avalia sua participação na equipe? E seu próprio aprendizado enquanto Professor?
13. O que pensa ser necessário para atuar como Professor?
14. Uma vez que não há nota de disciplina, como avalia os estudantes? Individual ou coletivamente? Como se dá a avaliação do estudante que não está participando a contento? Como lida com o desânimo de estudantes? Como motiva-os?
15. Trabalha individualmente com o estudante? Ou somente orientações gerais para a equipe?
16. Atua na orientação aos estudantes na busca por conhecimentos? Incentiva a experimentação? Encoraja a investigação? A participação?
17. Como você avalia as reuniões da equipe?
18. O que o veículo tem de você? Como contribuiu para a concretização do veículo?
19. Como você recebeu a avaliação externa, na competição?
20. Como esta experiência afetou sua capacidade de conduzir aulas, experimentos, equipes?
21. Você também tem direito a ensaios e erros? Como lida com o erro? E com os estudantes, como trata a questão?
22. Você acredita que esta vivência terá efeito duradouro para toda a vida? Sobre a maneira de trabalhar, e pesquisar? Modificou suas concepções do papel do estudante, do professor? Que impacto acredita que esta experiência tem na sua vida profissional?
23. O que pensa ser a característica mais marcante nesta atividade/experiência? Diria que há algo negativo na experiência? O que melhoraria? Quais são os desafios/limitações? Como avalia o apoio institucional ao projeto?
24. Como ou o que é ser Engenheiro e Professor para você?
25. Qual sua motivação para estar na condução da equipe ainda?
26. O que é saber, conhecimento e competência para você?
27. Qual é a emoção em ser parte da equipe e de ser também um(a) bajeiro?
28. O que este veículo e a experiência educativa significa pra você?
29. O que espera desta experiência quando sair da equipe? O que espera deixar como legado aos estudantes?

ANEXO

ANEXO 1 – Inspeção Técnica e de Segurança e Verificação de Motor, SAE Brasil



Inspeção Técnica e de Segurança e Verificação de Motor

Campo exclusivo para Juizes!

Controle de tempo:	
Horário de início da página	
Horário de término da página	

Ref.: RBSB 1 emd.0 / RBSB 3 emd.0 / RBSB 5 emd.3 / RBSB 7 emd.3 / RBSB 9 emd.4 / RBSB 11 emd.5

Esta planilha é apresentada somente como um documento de referência. Os veículos devem cumprir todas as regras, presentes ou não nesta planilha. Os juizes poderão a qualquer momento adicionar ou modificar os itens desta planilha para garantir o cumprimento da regra. Veículos que se apresentarem para a inspeção de Motor e Segurança com mais de três itens que, de acordo com esta planilha ou com os juizes de segurança, não cumpram com a regra, serão enviados ao fim da fila de inspeção, e serão deduzidos 15 pontos da equipe como penalização. (Ver RBSB 9 – seção 9.4.1.1). A cada re-check com mais de três itens discrepantes serão deduzidos 15 pontos adicionais.

Escola:	Equipe/Nº carro:
Capitão:	Horário de entrada:
Modelo do motor:	Código do motor:
Tipo do motor:	Código da vela de ignição

Total de pontos a deduzir: _____

Juiz de Motor: _____ Aprovação de Motor: _____

Juiz de Segurança: _____ Aprovação de Segurança: _____

	1ª inspeção	1º re-check	2º re-check	3º re-check	Horário de término da 1ª inspeção:	Visto do capitão da equipe:
Re-checks Segurança						
Re-checks Motor						
Total re-checks						
Pontos a deduzir						

Referências para avaliação da janela de re-check

1



Inspeção Técnica e de Segurança e Verificação de Motor

Campo exclusivo para Juizes!

Controle de tempo:	
Horário de início da página	
Horário de término da página	

Equipe/Nº carro: _____ Juiz: _____ Aprovação: _____

Verificação antes do Primeiro Abastecimento						
Seção	Regra	Observações	Equipe	Juiz	Problema? Qual?	Re-Check
11.14	Verificar se os reservatórios de combustível e acessórios atendem às especificações da regra.					
7.8.3	Verificar se todas as linhas de combustível são aprovadas para uso automotivo.					
7.8.3	Verificar se as linhas de combustível não apresentam rachaduras ou cortes.					
7.8.3	Verificar se as abraçadeiras da linha de combustível estão funcionais.					
9.4.1.1	Verificar se a válvula da linha de combustível na saída do tanque está na posição OFF. Não deve haver combustível na linha.					
7.8.3	Medir diâmetros da linha de combustível.	Diâmetro externo ≤ 1/2" (12,7mm) Diâmetro interno ≤ 1/8" (6,35mm)				

Caso equipe tenha sido aprovada em todos os itens, abastecer o veículo e colar o adesivo da prova.

Observações importantes para as equipes sobre a Verificação de Motor e Inspeção Técnica e de Segurança:

- O motor receberá um lacre e o mesmo não poderá ser rompido. Caso exista a necessidade de realizar o rompimento do lacre para algum tipo de manutenção no veículo, a equipe deverá procurar imediatamente a organização da prova para que se verifique a rotação do motor e o que mesmo seja relatado. Caso seja constatado que o rompimento do lacre tenha sido de forma intencional, a equipe estará automaticamente desclassificada do evento em questão.
- Caso a equipe tenha problemas com o governador do motor ou até mesmo exista a necessidade de o motor ser substituído, a mesma deverá procurar a organização da prova imediatamente.
- É de responsabilidade da equipe solicitar ao responsável pela prova o procedimento de lacração do motor e também que assinala no protótipo o cumprimento da prova (ex. adesivos, cartões perfurados, etc).
- Este documento ficará sob posse do comitê e será utilizado como referência caso alguma inconformidade seja identificada durante o evento.
- Este documento, **obrigatoriamente**, deverá ser entregue ao responsável da prova, completo, limpo, sem rasuras e totalmente preenchido. Caso contrário, não será aceito até que se regularize.

2



Inspeção Técnica e de Segurança e Verificação de Motor

Campo exclusivo para Juizes!

Controle de tempo:	
Horário de início da página	
Horário de término da página	

Equipe/Nº carro: _____

Juiz: _____

Aprovação: _____

Seção	Regra	Observações	Equipe	Juiz	Problema? Qual?	Re-Check
-	O motor deve estar na sua temperatura normal de trabalho. Cerca de cinco minutos de funcionamento em marcha lenta atenderá este requisito.					
11.5.5	Apresentação do "bulletin" parte 1st (em inglês) referente ao motor do veículo.					
11.5	Presença da "petrolinha" na estrutura para a passagem do arame (lacre do motor).					
11.5.3	O motor deve apresentar todos o seus componentes originais, como por exemplo, injeção, mecânicos da alavanca do governador, vela de ignição, filtro de ar, etc.					
11.5	Caso possua Snorkel, verificar sua condição e fixação.					
11.5	Transmissão deve estar desacoplada e o eixo do motor livre de chavetas, espaçadores, etc.					
-	Caso existam, devem ser removidas: a tampa de proteção do sistema de avanço governador, as correntes e outros itens que possam dificultar o acesso visual ao sistema de aceleração do veículo (motor e pedal do acelerador).					
-	Motor deve estar regulado na rotação desejada pela equipe. Na prova de verificação do motor não é permitido nenhum tipo de regulação.					
11.5.1	A mola do governador deverá estar no furo #6 e assim deve permanecer até o fim do evento.					
7.5.10	Verificar funcionamento do pedal do acelerador: dimensionamento, curso, batente positivo, retorno, cabo coberto dentro do cockpit.					
7.5.10	Verificar se batente do pedal de acelerador atua de forma eficiente e segura.					
7.8.3	Verificar ausência de linhas de combustível no cockpit e interferência com arestas cortantes do veículo, partes quentes do motor e contato que gere atrito contínuo, considerando o veículo em movimento. Verificar fixação da linha de combustível de forma segura.					
7.8.3	Filtro de combustível, caso seja usado, deve ser original Briggs & Stratton.					
5.19	Verificar ausência de interferência da fixação de possíveis sensores no compartimento do motor com partes quentes, arestas cortantes e contato que gere atrito contínuo, considerando o veículo em movimento. Verificar cablagem e fixação de forma segura.					
7.8.3	Verificar a instalação de fides caso a linha de combustível passe através de qualquer peça do veículo.					
7.5.10	Verificar se motor está para marcha lenta em caso do falha do sistema.					
7.5.8	Verificar se as chaves, porca, destornelador, motor independentemente.					
Final da Verificação de Motor. Caso equipe tenha sido aprovada em todos os itens, lacrar o motor e colar o adesivo da prova.						

3



Inspeção Técnica e de Segurança e Verificação de Motor

Campo exclusivo para Juizes!

Controle de tempo:	
Horário de início da página	
Horário de término da página	

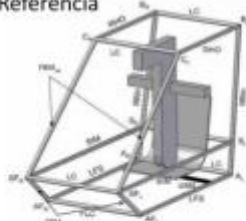
Equipe/Nº carro: _____

Juiz: _____

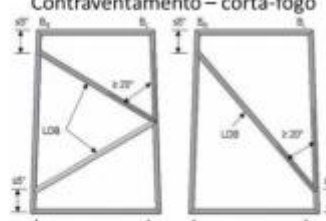
Aprovação: _____

Seção	Regra	Observações	Equipe	Juiz	Problema? Qual?	Re-Check
-	Verificar se equipe está dentro do horário ou se é "re-check"					
3.11	Consultar a equipe sobre a data da primeira participação do carro apresentado em competições nacionais BAJA SAE Brasil.					
9.4.1.1.3	Verificar as 5 fotos do veículo. Recolher as fotos e anexá-las à pasta do veículo.					
9.4.1.1.1	Verificar preenchimento da coluna "Equipe" desta ficha.					
5.4	Veículo possui 4 rodas (ou mais).					
5.5	Comprimento máximo do veículo	≤ 1,62m				
5.17	Haste da bandeira laranja deve ter a extremidade cega.					
5.17	Medir altura da bandeira laranja.	Entre 2,20m e 2,50m				
5.16	Numeração do carro na frente, nas laterais e acima dos 4 pontos superiores da gaiola de proteção.					
5.16	Logotipo SAE e nome ou iniciais da escola.					

Referência



Contraventamento – corta-fogo



4



Inspeção Técnica e de Segurança e Verificação de Motor

Campo exclusivo para Juizes!

Controle de tempo:	
Horário de início da página	
Horário de término da página	

Equipe/Nº carro: _____

Juiz: _____

Aprovação: _____

Seção	Regra	Observações	Equipe	Juiz	Problema? Qual?	Re-Check
7.6.2	Verificar cinto de segurança: tiras sobre os ombros fixadas em volta do tubo da gaiola, com restrição lateral de movimento e sem desvios no banco.					
7.6.4.1	Medir distância perpendicular à coluna no nível dos ombros do piloto até o tubo de fixação do cinto. Cinto não pode ser montado acima do nível dos ombros de qualquer piloto.	$\leq 102 \text{ mm}$				
7.6.3	Verificar posicionamento subabdominal do cinto de segurança.					
7.4.1 / 7.4.3.1	Medir distância entre o capacete do maior piloto e o envelope formado pela gaiola.	$\geq 6" (152,4 \text{ mm})$				
7.4.1	Medir distância entre o corpo do piloto e o envelope formado pela gaiola.	$\geq 3" (76,2 \text{ mm})$				
7.4.4.3	Medir distância máxima do capacete do piloto até o encosto de cabeça.	$\leq 1" (25,4 \text{ mm})$				
7.6.1 / 7.6.1.1	Verificar cinto de segurança: tiras de 3" com 4 pontos de fixação e mecanismo de trava adequado.	Tipo Latch & Link é permitido, tipo Cam-Lock é proibido				
7.6.6	Verificar fixação dos restritores de braço no cinto de segurança.					
7.6.6.1	Verificar restritores de braço: braços no envelope da gaiola.					
7.5.8.1	Chave geral interna: deve estar localizada na parte frontal do cockpit, dentro do campo de ação do piloto. Não pode ser montada em volante removível.					
7.4.2.6	Verificar posicionamento dos pés do piloto (atrás do plano AF ₂ , AF ₁ , SF ₂ e SF ₁). Caso os pés estejam acima dos pontos SFR ₁ , mais um tubo LC é requerido.					
7.5.8	Verificar se sub-sistemas estão isolados dos pés e pernas do piloto. Observar tamanho máximo de abertura/furo admissível.	$\leq 6,35 \text{ mm}$				
7.5.9	Verificar posição do extintor: lado direito do carro, ao menos metade acima do tubo SIM, abaixo da cabeça do piloto.					
7.5.9	Fixação do extintor deve impedir que este se solte com trépidação e deve permitir fácil acesso por qualquer pessoa.					
7.5.9	Fixação do extintor deve ser de metal e deve ser rigidamente presa à gaiola.					
7.5.9	Verificar classificação do extintor de incêndio.	Mínimo UL 5 B-C				
7.5.9	Verificar validade e nível de pressão do extintor.					
7.5.9	Extintores reserva são fortemente recomendados. Caso o extintor seja usado será necessário substituí-lo por outro que atenda às regras.					
7.5.9	Verificar identificação do extintor com nome da escola e número do carro.					
-	A instalação de câmeras deve atender a todas as regras de distância ao piloto (7.4.1 e 7.4.3.1). É proibida instalação de câmeras no capacete. Verificar e colar adesivo.	De acordo com Informativo 22 (Nacional 2016)				
-	O rádio de comunicação com o piloto e todos seus componentes devem estar fixados somente no seu corpo. Verificar e colar adesivo.	De acordo com Informativo 22 (Nacional 2016)				
7.5.2	Verificar tempo de saída do piloto.	$\leq 5 \text{ s}$				
-	Colocar a pulseira correspondente nos pilotos aprovados nesta prova.					

5



Inspeção Técnica e de Segurança e Verificação de Motor

Campo exclusivo para Juizes!

Controle de tempo:	
Horário de início da página	
Horário de término da página	

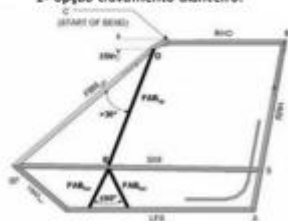
Equipe/Nº carro: _____

Juiz: _____

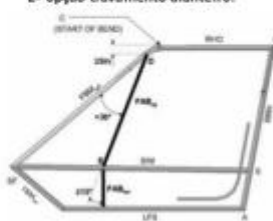
Aprovação: _____

Seção	Regra	Observações	Equipe	Juiz	Problema? Qual?	Re-Check
7.1.2.1	Verificar capacete: modelo, homologação, estado de conservação e validade (se houver etiqueta). Recolher capacetes fora da especificação.	Modelo motocross, solo Sneli, BS ou INMETRO				
7.1.2.1	Verificar óculos de proteção e sistema de limpeza.	Película de destaque ou de rolo.				
7.1.2.1	Verificar protetor cervical (SFI 3.3), estado de conservação e efetividade.	Não é exigida validade de acordo com Informativo 20 (Nacional 2016)				
7.6.6.2	Verificar restritores de braço: estado de conservação e homologação (SFI 3.3).	Não é exigida validade de acordo com Informativo 20 (Nacional 2016)				
7.1.2.2	Verificar vestimenta do piloto: macacão (homologação SFI ou FIA, preferencialmente) ou camisa e calça longas, meias, luvas e calçados.	Tudo de material 100% não inflamável (algodão, Nomex etc.)				
7.6.1.2	Verificar cinto de segurança: estado de conservação, validade e homologação.	≤ 2 anos				
7.6.4.2	Medir espaçamento entre as tiras sobre os ombros.	SFI 16.1 ou SFI 16.5				
7.6.3	Tiras subabdominais livres para pivotar no ponto de fixação.	Entre 7" e 9" (178 mm e 229 mm)				
7.6.3	Fixação das tiras subabdominais por abraçadeiras de aço soldadas aos tubos UFS em todo seu perímetro.	Dimensões das abraçadeiras: Espessura $\geq 3 \text{ mm}$; Largura $\geq 38,1 \text{ mm}$				
7.6.3	Verificar posição das abraçadeiras de fixação das tiras subabdominais à frente da junção do assento com o encosto do banco.	Aproximadamente 75 mm.				
7.6.5	As tiras do cinto devem estar ajustadas para permitir aperto de todos os pilotos da equipe. Pontas soltas das tiras devem ser enroladas de modo a permitir aperto e impedir que partes do cinto fiquem para fora do cockpit.					

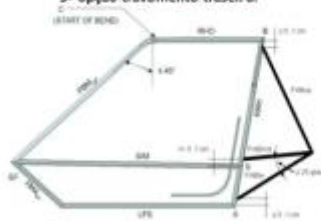
1ª opção travamento dianteiro:



2ª opção travamento dianteiro:



3ª opção travamento traseiro:



6



Inspeção Técnica e de Segurança e Verificação de Motor

Campo exclusivo para Juízes!

Controle de tempo:	
Horário de início da página	
Horário de término da página	

Equipe/Nº carro: _____

Juiz: _____

Aprovação: _____

Material e estrutura da gaiola de proteção						
Seção	Regra	Observações	Equipe	Juiz	Problema? Qual?	Re-Check
9.4.1.1.2	Verificar o preenchimento da "Ficha de Especificação da Gaiola".					
7.4.4.6	Verificar documentação de composição e nota fiscal do material da gaiola.	≥0,18% de carbono				
7.4.4	Tubos com material padrão: elementos estruturais da gaiola de proteção (tubos fortes) RRH, RHO, LFS, FBW, LC, FLC e tubos de fixação dos cintos de segurança. Medir diâmetro externo e espessura.	Diâmetro externo: ≥25,4mm Espessura: ≥0,8mm				
7.4.4	Tubos com materiais alternativos: precisam ter rigidez à flexão (EI) e resistência à flexão (Sy) ic) equivalentes. Medir espessura.	Espessura ≥1,57mm				
7.4.4	Elementos adicionais (tubos fracos) LDB, SMUSMFAB e RLC. Medir diâmetro externo e espessura.	Diâmetro externo: ≥25,4mm Espessura: ≥0,8mm				
7.4.2.2	Arcos traseiros - RRH: tubos verticais podem ter dobras, mas não ser seccionados.					
7.4.2.2	O assento não pode ultrapassar o plano formado pelos tubos do RRH.					
7.4.2.3	Contraventamento diagonal - LDB: extremidades necessariamente são ligadas aos tubos verticais do RRH. Pode ser feito com mais de um tubo.					
7.6.2	Tubo das tiras sobre-ombros do cinto de segurança deve ser contínuo.					
7.4.2.4	Elementos superiores - RHO: tubo contínuo com elementos dianteiros FBWup, início de dobra no ponto C e elemento transversal LC nesse ponto.					
7.4.2.8	Elementos dianteiros - FBWup: contínuo com RHO, se liga aos elementos de proteção lateral SM no ponto SF. Elemento transversal LC nesse ponto.					
7.4.2.8	Elementos dianteiros - FBWbr: pode ser contínuo com FBWup e RHO, se liga aos elementos laterais inferiores LFS no ponto AF. Elemento transversal LC nesse ponto.					
7.4.2.8	Caso FBWup se ligue à SM12" atrás do ponto SF, requer-se tubo forte adicional entre FBWup/SM e LFS.					
7.4.2.5	Elementos laterais inferiores - LFS: devem se estender à frente dos calcanhares do piloto.					
7.4.2.9	Contraventamento lateral - FAB: qualquer das duas opções pode ser utilizada Dianteiro ou Traseiro. Indicar na coluna ao lado.	Contraventamento utilizado:				

7



Inspeção Técnica e de Segurança e Verificação de Motor

Campo exclusivo para Juízes!

Controle de tempo:	
Horário de início da página	
Horário de término da página	

Equipe/Nº carro: _____

Juiz: _____

Aprovação: _____

Medições e Qualidade de fabricação						
Seção	Regra	Observações	Equipe	Juiz	Problema? Qual?	Re-Check
7.4.2.1	Comprimento não suportado dos tubos que possuem dobras de raio ≥6".	≤28" (711,2mm)				
7.4.2.3	Distância das extremidades do LDB até os tubos inferior e superior do RRH.	≤9" (127mm) vertical				
7.4.2.4	Verificar distância máxima da fixação dos RHO à parte superior do RRH.	≤2" (50,8mm)				
7.4.2.9.1	Caso contraventamento dianteiro: medir distância da extremidade do FABup até o ponto C.	≤9" (127mm) vertical				
7.4.2.9.2	Caso contraventamento traseiro: medir comprimento dos elementos.	≤32" (812,8mm)				
7.4.2.9.2	Caso contraventamento traseiro: medir comprimento dos elementos em arco (apenas raio contínuo é permitido).	≤28" (711,2mm)				
7.4.2.9.2	Caso contraventamento traseiro: medir distância dos pontos de ligação com o RRH do FABup, FABmid e FABbr até pontos B, S e A, respectivamente.	≤2" (50,8mm)				
7.4.2.9.2	Caso contraventamento traseiro: posicionamento do elemento transversal traseiro RLC em relação ao centro da triangulação do contraventamento traseiro.	≤15" (381mm)				
7.4.2.2	Ângulo do plano RRH com a vertical.	±20°				
7.4.2.3	Ângulo entre LDB e RRH.	±20°				
7.4.2.8	Ângulo do FBWup com a vertical.	±40°				
7.4.2.9.1	Caso contraventamento dianteiro: medir ângulo entre FABup e FBWbr.	±30°				
7.4.2.9.1	Caso contraventamento dianteiro: medir ângulo entre elementos FABup e FABbr, caso apenas um elemento FABbr seja utilizado.	≤15° (em projeção lateral)				
7.4.2.9.1	Caso contraventamento dianteiro: medir ângulo entre os elementos FABbr, caso dois elementos FABbr sejam utilizados.	≤90°				
7.4.2.9.2	Caso contraventamento traseiro: medir ângulo entre elementos FABup, FABmid e FABbr.	±25°				
5.15	Medir requisitos da placa do ponto de reboque traseiro: espessura, diâmetro do furo e distância do furo à borda.	Espessura ≤ 9,5mm Diâmetro ≥ 25,4mm Distância ≤ 25,4mm				
5.14	Ponto de reboque dianteiro pode ser tubular (diâmetro ≤ 1") ou placa com as características do ponto de reboque traseiro.					
7.4.2.2	Gerakão: largura do RRH em altura acima do assento.	≥20" (736,6mm) de largura a 27" (685,8mm) de altura				
7.4.2.4	Gerakão: distância do ponto C à frente do assento.	≥12" (304,8mm)				
7.4.2.6	Gerakão: altura do SM acima do assento.	Entre 8" (203,2mm) e 14" (355,6mm)				
7.4.2.7	Gerakão: distância do tubo de proteção sob o banco do piloto (USM) à frente do ponto mais baixo do assento.	≤2" (50,8mm)				
7.4.2.10	Verificar qualidade de fabricação da gaiola. Inspecionar soldas, sinais de trincas em dobras e regiões com sinais de escoamento e de possível falha.					
7.4.5	Gaiolas com elementos paralisados.	Aplicar requisito próprio.				
7.5.3.1	Motor lateral ou frontal.	Aplicar requisito próprio.				

8



Inspeção Técnica e de Segurança e Verificação de Motor

Campo exclusivo para Juizes!

Controle de tempo:	
Horário de início da página	
Horário de término da página	

Equipe/Nº carro: _____ Juiz: _____ Aprovação: _____

Proteção do piloto e Fixadores							
Seção	Regra	Observações	Equipe	Juiz	Problema? Qual?	Re-Check	
7.4.4.2	Revestimento dos tubos ao redor do piloto deve cobrir: RHO, FAB, SIM e qualquer tubo que possa entrar diretamente em contato com o piloto no caso de falha mecânica da estrutura, à exceção do RRH.						
7.4.4.2	Revestimento deve deixar espaço livre de 25,4mm nas extremidades dos tubos para inspeção das soldas.						
7.4.4.2	Revestimento dos tubos deve ser de material resiliante como Polietileno ou similar. Medir espessura mínima.	≥12mm					
7.4.4.3	Encosto de cabeça deve ser de material com absorção de energia suficiente como Ethafoam, Ensolite ou similar. Medir espessura mínima e área.	Espessura ≥38mm Área ≥233cm²					
7.4.4.3	Encosto de cabeça deve estar rigidamente fixo à gaiola de proteção. Verificar resistência da fixação à força normal de 890N.						
7.5.3	Parede corta-fogo deve ser de metal e deve isolar completamente o compartimento do motor/tanque do cockpit, inclusive qualquer porção do cinto que passe além da parede.						
7.5.3	Medir espessura mínima da parede corta-fogo.	≥0,5mm					
7.5.4	Carenagem lateral deve ser de plástico, fibra de vidro, metal ou material similar.						
7.5.4	Carenagem lateral deve cobrir toda a região entre os tubos LFS e SIM. Observar tamanho máximo de abertura/furo admissível.	≤8,35mm					
7.5.5	Assento deve ser de metal, fibra de vidro, plástico ou similar. Metal expandido, tecido e pintas perfurados são proibidos.						
7.5.5	Assento deve cobrir toda a extensão do cockpit e impedir que detritos entrem em contato com o piloto.						
7.5.7	Para o "chapéu", recomendam-se fixações rígidas e geometria que permita flexibilidade. Recomendam-se materiais como plásticos flexíveis. Caso a peça caia (ex. em um capotamento), uma substituição precisa atender às regras.						
7.4.4.5	Verificação de arestas cortantes no interior de habitáculo e no exterior do veículo (frente, laterais, traseira).						
7.10.1	Verificar se fixação dos sistemas de direção, suspensão, freios, acelerador e cintos de segurança possuem mecanismos de travamento (porca auto-travante, contra porca ou arame de freio).	Arnuéis de pressão e travantes químicos são proibidos					
7.10.1.1	Verificar instalação dos arames de freio, observando os requisitos do item 7.10.1.1 do regulamento.						
7.10.2	Verificar se parafusos cumprem a especificação de classe de resistência. Qualquer solução que não esteja de acordo com as condições requeridas deve estar acompanhado de documentação.	SAE classe 5, métrico M8.6 ou especificação militar					
7.10.3	Verificar se os parafusos possuem 2 (dois) filetes de rosca expostos após a porca.						
7.10.4	Verificar se todas conexões em cisalhamento simples possuem arnuéis de proteção.						

9



Inspeção Técnica e de Segurança e Verificação de Motor

Campo exclusivo para Juizes!

Controle de tempo:	
Horário de início da página	
Horário de término da página	

Equipe/Nº carro: _____ Juiz: _____ Aprovação: _____

Sistema elétrico							
Seção	Regra	Observações	Equipe	Juiz	Problema? Qual?	Re-Check	
5.9	Bateria selada, seca (alcalina) ou do tipo gel. Verificar capacidade da bateria.	≥13Ah					
5.9	Verificar fixação da bateria. Deve ser robusta e estar posicionada em local apropriado, longe de partes quentes, combustível e luz solar.						
5.9	Caso bateria Li-Ion ou LiPO, deve estar contida em invólucro não totalmente vedado.						
5.9	Qualquer controle dos sistemas de suspensão, transmissão ou combustível deve ser feito com energia provida do motor.						
5.1	Dispositivos acumuladores de energia são proibidos, à exceção dos hidráulicos.						
5.12	Luz e alarme sonoro obrigatórios em veículos com marcha ré. Devem atender à norma.	SAE J759 para luz SAE J1741 ou J994 para alarme					
7.5.8.3	Chaves gerais: devem mostrar os procedimentos para ligar e desligar. Devem estar identificadas como CHAVE GERAL, e mostrar as posições LIGA e DESLIGA claramente.						
7.5.8 / 5.9	Chaves gerais: devem desligar todo o sistema elétrico do carro, inclusive quaisquer painéis, displays etc. A luz de freio é a única exceção. Fazer o teste para as duas chaves separadamente.						
5.9	Caso o sistema de instrumentação ou aquisição de dados não indique condição ON/OFF, uma lâmpada LED deve obrigatoriamente mostrar o status do funcionamento do sistema.						
7.5.8.1	Chave geral externa: deve ser do tipo emergencial, quando acionada deve permanecer no estado desligado.						
7.5.8.2	Chave geral externa: deve estar localizada no lado direito do veículo, entre os tubos do RRH e do contraventamento traseiro. Verificar altura limite abaixo do ponto B.	≤7" (177,8mm)					
7.5.8.1	Chave geral interna: não pode ser do tipo de atuação momentânea e não pode requerer ação contínua do piloto.						
7.5.8.4	Chaves gerais: os fios precisam estar selados, protegidos ou fixados à gaiola. Nenhuma parte dos fios pode estar exposta a ponto de enrolar-se no piloto ou em obstáculos da pista.						
5.9	Verificar presença de fusível (máximo 1A) entre pólo positivo da bateria e chicote elétrico.						
5.19	Verificar se fios e condutores atendem ao padrão automotivo.						
5.19	Verificar (à exceção do compartimento do motor) condição do chicote elétrico, terminais e fixação à gaiola de proteção. Fios apertados, descascados, soltos e mal fixados não são aceitos.						
7.7.3	Luz de freio, preferencialmente, deve possuir classificação SAE "S" ou "U". Caso não possua, deve atender ou exceder a norma. Peças automotivas podem ser utilizadas. Deve ser fornecida documentação que comprove o atendimento à norma.	SAE J759					

10



Inspeção Técnica e de Segurança e Verificação de Motor

Campo exclusivo para Juizes!

Controle de tempo:	
Horário de início da página	
Horário de término da página	

Equipe/Nº carro: _____ Juiz: _____ Aprovação: _____

Freios, suspensão, direção, trem de força							
Seção	Regra	Observações	Equipe	Juiz	Problema? Qual?	Re-Check	
7.7.1 / 7.7.2	O sistema de freios deve possuir um reservatório de fluido para cada uma das duas linhas hidráulicas. Estas devem ser independentes e devem atuar nas quatro rodas do veículo. Linhas de plástico são proibidas.						
7.9.2	Um para-choque deve ser instalado caso as barras de direção estejam muito expostas.						
7.9.3	Barras de direção ajustáveis devem estar travadas.						
7.9	Verificar sistema de direção: dimensionamento, curso livre de batente a batente considerando o movimento da suspensão.						
7.9.4	Verificar qualidade de fabricação, resistência e funcionalidade dos componentes de suspensão e direção.						
7.11.1	Proteção de aço (ou de material alternativo) de partes rotativas deve impedir que forças centrífugas projetem componentes como correias, correntes, pinhões etc. em caso de falha.						
7.11.1	Medir espessura da chapa de aço das proteções dos sistemas rotativos. Recolher relatório de equivalência de absorção de energia caso seja utilizado material alternativo.	Espessura $\geq 1.5\text{mm}$ Materiais alternativos $\geq 3\text{mm}$					
7.11.1.1	Proteções laterais de partes rotativas devem impedir qualquer acesso a esses componentes.						

11



Inspeção Técnica e de Segurança e Verificação de Motor

Campo exclusivo para Juizes!

Controle de tempo:	
Horário de início da página	
Horário de término da página	

Equipe/Nº carro: _____ Juiz: _____ Aprovação: _____

Sistema de combustível							
Seção	Regra	Observações	Equipe	Juiz	Problema? Qual?	Re-Check	
7.8.1	Motor, tanque e todo sistema de combustível devem estar completamente no interior do envelope da gaiola, protegidos contra impacto e capotamento.						
7.8.1	Verificar se a fixação do tanque não irá soltar-se com trepidação.						
7.8.2	Apenas um tanque original Briggs & Stratton, sem qualquer modificação ou reparo.						
7.8.2.1 / 7.8.4.2	Verificar funcionamento da válvula unidirecional e existência da vedação adicional na tampa do tanque.						
7.8.4	Medir proteção do tanque contra respingos: diâmetro externo (ou área equivalente $324,3\text{ cm}^2$) e distância entre aresta superior do tanque até o topo da proteção.	Diâmetro $\geq 8"$ (203,2mm) Distância $\geq 1,5"$ (38,1mm)					
7.8.4	Verificar estanqueidade e drenagem da proteção do tanque contra respingos. Não poderá haver acúmulo de combustível.	Diâmetro interno $\geq 1/4"$ (6,35 mm)					
7.8.4	Verificar se fixação da proteção contra respingos não está diretamente no tanque ao redor da tampa de combustível.						
7.5.3	Testar o isolamento da parede corta-fogo e da proteção contra respingos no cockpit e nas partes quentes, respectivamente.						
7.11.3	Verificar sistema de escapamento do motor quanto ao aquecimento das superfícies adjacentes. Medir distância entre a superfície mais próxima do veículo e a borda do bocal. Caso a distância mínima não seja respeitada, verificar isolamento da superfície afetada.	Em relação à borda do bocal: $\geq 60\text{mm}$ Ou em relação à linha de centro do bocal: $\geq 30\text{mm}$					
7.8.7	Verificar material do dispositivo de reabastecimento. Garrafa PET é proibida.						
7.8.7	Simular reabastecimento sem combustível. Verificar ergonomia, possíveis interferências (tanque, proteção contra respingo, dispositivo de reabastecimento etc.)						
7.8.7	Simular reabastecimento com água. O tanque de teste deve ser posicionado em altura próxima à do tanque do carro e começar parcialmente preenchido. Deve ser abastecido com água suficiente para o transbordamento. Todo o processo deve ser realizado com o dispositivo de reabastecimento da equipe e não pode depender de controle visual para cortar o fluxo de combustível. Apenas algumas gotas serão toleradas como vazamento.						

Final da Inspeção Técnica e de Segurança. Caso a equipe tenha sido aprovada em todos os itens, colar o adesivo da prova.

12