

O DESENVOLVIMENTO DE SABERES E A APRENDIZAGEM ATIVA NA FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS: O CASO DO PROTÓTIPO BAJA NO CEFET-MG¹

The knowledge development and the active learning in engineering education: the BAJA prototype at CEFET-MG

SILVA, Jarbas da Cunha²

TONINI, Adriana Maria³

RESUMO

Este artigo apresenta resultado de pesquisa que objetivou compreender o processo de aprendizagem e desenvolvimento de saberes de engenheiros no projeto do protótipo de veículo BAJA no CEFET-MG. Considerou-se *Saberes*, as capacidades configuradas em: *saber fazer* - habilidades técnicas; *saber pensar* - conhecimentos; e o *saber ser e agir* - atitudes. No estudo de caso e pesquisa empírica, realizada em 2016, se identificam os saberes desenvolvidos pelos participantes, avaliam-se suas interações, e se relaciona a experiência à teorização da Aprendizagem Ativa de John Dewey. A pesquisa é de natureza qualitativa e descritiva. Os instrumentos metodológicos foram: observação de campo e entrevistas. Pela *Análise de Conteúdo*, suas inferências e interpretações, concluiu-se que o projeto é um exemplar de um processo educativo baseado na aprendizagem ativa, viabilizado pela *Aprendizagem Baseada em Problemas*, promovendo a construção de competências transversais, ou seja, de conhecimentos, habilidades e atitudes necessárias ao engenheiro.

Palavras-chave: Educação em Engenharia. Aprendizagem Ativa. Aprendizagem Baseada em Problemas.

ABSTRACT

This paper presents a research that aimed to comprehend the learning process and development of the engineer's knowledge through the vehicle project called BAJA at CEFET-MG. Knowledge was assumed as a set of capacities: knowing how to do - linked to technical skills; knowing to think - knowledge; knowing how to be and to act - attitudes. The case study and the empirical research carried out in 2016, identify the developed knowledge by its participants, assess their interactions, and relate the experience to John Dewey's active learning theory. This is a qualitative and descriptive research. Its methodological means were field observation and interviews. By the Content Analysis, its inferences and interpretations, this experience is an exemplary project based on active learning, in a student-centered approach, made viable through the Problem Based Learning approach that promotes the building of transversal competencies, i.e., knowledge, skills, and attitudes required for the engineers.

Keywords: Engineering Education. Active Learning. Problem Based Learning.

¹ O presente trabalho é resultante da Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Tecnológica do CEFET-MG, em fevereiro de 2017.

² Graduado em Economia pela PUC Minas. Mestre em Educação Tecnológica pelo CEFET-MG. Atualmente, é membro do grupo de pesquisa FORQUAP/CAPES. E-mail: <jcsgoforit@gmail.com>.

³ Doutora em Educação pela UFMG, Mestre em Educação Tecnológica pelo CEFET-MG, graduada em Engenharia Civil, Professora da UFOP-MG e atualmente é Diretora de Engenharias, Ciências Exatas, Humanas do CNPq. E-mail: <atonini2@hotmail.com>.

INTRODUÇÃO

O mundo contemporâneo, configurado como a era do conhecimento, apresenta um cenário de competição entre as organizações, pressionando-as a desenvolver e manter: acesso a recursos e tecnologias; domínio técnico para produzir com eficiência e qualidade; bem como pessoal qualificado para desenvolver processos, produtos e serviços. Apesar de tais demandas - de ordem econômica e técnico-científicas - terem se configurado como fenômeno da crescente mudança paradigmática do modo de produção e de organização do trabalho e sua reestruturação produtiva,⁴ é sobre o trabalhador que tal fenômeno se apresenta de forma mais preeminente.

Essas circunstâncias demandam um trabalhador ativo e reflexivo e reafirmam o lema da educação continuada como estratégia de desenvolvimento dos indivíduos e sociedades. Para tanto, Delors *et al.* (2010) defendem: o *aprender a conhecer*, dimensão relativa ao conhecimento geral e específico; o *aprender a fazer*, relativo às habilidades técnicas; e o *aprender a ser* e a *conviver*, dimensões que contemplariam um saber atitudinal e um senso de corresponsabilidade. Ou seja, almeja-se um indivíduo que tenha conhecimentos, habilidades e atitudes; e o mundo do trabalho demanda trabalhadores cada vez mais competentes para enfrentar situações diversas, adversas e imprevistas de seu cotidiano.

Nesse contexto, engenheiros com conhecimento técnico, habilidades gerais e específicas e que agreguem valor são muito demandados pelas organizações. No Brasil, há carência na formação adequada dos engenheiros (PINTO; OLIVEIRA; NUNES, 2010; SOUZA; PINTO; PORTELA, 2010); apesar de aperfeiçoamentos na legislação, com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei 9.394/96) e com a Resolução 11/2002 do Conselho Nacional de Educação, que estabeleceu as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs)⁵ para os cursos de engenharia. Mas, para os autores, tais diretrizes ainda não se encontram totalmente incorporadas.

A legislação introduziu o conceito de competência em uma abordagem transdisciplinar incentivando a integração de áreas de conhecimento para o entendimento de fenômenos, problemas, e construção de projetos comuns. Competência é termo multidimensional, ora refere-se à especialidade técnica de um trabalhador, ora a um conjunto de capacidades. Nesta pesquisa, considera-se que competência engloba um conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes, configurado no fazer prático e na intervenção ponderada, considerando-a como integração de saberes e gestão do conhecimento de forma geral, sendo passível de ser trabalhado no processo educativo potencializando uma educação integral. As DCNs, ensejaram uma reformulação na formação dos engenheiros, estabelecendo um perfil do egresso vinculado a uma lista de competências a serem desenvolvidas, e almejou-se, além da assimilação dos conteúdos técnico-científicos, incluir atributos referidos às competências não técnicas, capacitando-o a desenvolver atividades, processos, produtos, serviços, tecnologias e a resolver problemas de toda ordem.

Entretanto, de forma geral, a educação em engenharia é tradicional, caracterizada por: práticas pedagógicas centradas no professor e na transmissão de saberes pela

⁴ Fenômeno iniciado nos anos de 1970 nos países desenvolvidos e que alcançou o Brasil na década de 1990.

⁵ Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

aula expositiva; resolução de exercícios e trabalho de conclusão de curso; pouca integração entre teoria e prática (OLIVEIRA, 2005); além de uma organização curricular conteudista e tecnicista, contrária ao caráter multidisciplinar da engenharia, caracterizando a formação como um mero treinamento e colocando em questão a formação integral. Nessa perspectiva, a relação professor-estudante é “vertical”, e o professor “detém o poder decisório quanto a metodologia, conteúdo, avaliação, forma de interação na aula etc.” (MIZUKAMI, 1986, p.4).

Há atualmente uma tendência crescente pelas estratégias pedagógicas ativas⁶ na educação profissional tecnológica e busca-se a conciliação entre conteúdos e competências, incorporando novas práticas para uma aprendizagem mais reflexiva e efetiva. Acredita-se que práticas pedagógicas integradoras de conhecimentos, como a aprendizagem por projetos e situações-problema significativos (PERRENOUD, 1999), desenvolvam nos estudantes uma melhor preparação profissional. Nesse cenário, o CEFET-MG oferece alguns projetos de extensão, como as equipes de competição do Núcleo de Engenharia Aplicada a Competições (NEAC), que desenvolvem protótipos. Assim, considerando as necessidades de formação do engenheiro, esta pesquisa adotou como estudo o caso a equipe CEFAST-BAJA⁷ e suas atividades no desenvolvimento de um protótipo de veículo para participar da competição SAE-Brasil.⁸ A experiência possibilita a aplicação prática de conhecimentos teóricos pelo estudante que se envolve em um projeto real, tornando a experiência relevante em termos de aprendizado.

Portanto, o problema da pesquisa foi compreender *como* é o processo de aprendizagem e desenvolvimento de saberes do engenheiro no projeto CEFAST-BAJA. Para tanto, os objetivos específicos foram: identificar competências pedagógicas docentes na atuação mediadora em interação com os estudantes; identificar saberes desenvolvidos no processo de aprendizagem; avaliar a percepção dos participantes no processo formativo; e verificar o pressuposto teórico da vinculação desse projeto com a teorização da Aprendizagem Ativa (AA) e seus desdobramentos práticos via Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL), pois numa primeira abordagem não se verificou vinculação às teorias educacionais.

MÉTODO

Esta pesquisa é de natureza qualitativa, pois se analisa e discorre sobre os aspectos e percepções dos envolvidos na experiência; e descritiva, pois se busca caracterizar um fenômeno educativo e seus elementos constituintes. Justifica-se o estudo de caso, uma vez que o projeto não foi objeto de estudo anterior. Como fonte de dados, procedeu-se às observações de campo durante o ano de 2016; e às entrevistas semiestruturadas⁹ em agosto de 2016 com 17 estudantes e dois professores, a orientadora da equipe

⁶ Segundo o XLIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia 2015, a prática tradicional de transmissão de conhecimentos sendo assimilados passivamente pelos estudantes ainda se faz presente.

⁷ 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*. A equipe e o veículo têm o mesmo nome.

⁸ Subsidiária da *Society of Automotive Engineers* (SAE), criada em 1976 nos Estados Unidos. SAE-BRASIL. 2016. Disponível em: <<http://www.saebrasil.org.br>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

⁹ Os roteiros de entrevistas foram submetidos ao Comitê de Ética via Plataforma Brasil.

e um orientador técnico do NEAC. Para as entrevistas, adotou-se a *Análise de Conteúdo* temático (BARDIN, 1977), de modo a compreender a dimensão qualitativa e as condições em que o processo formativo ocorre. Assim, consolidou-se o Quadro Categorias de Análise, apresentado na seção Análises dos Resultados.

O PROCESSO EDUCATIVO: ASPECTOS E PERSPECTIVAS

O processo educativo sócio-histórico e culturalmente construído ocorre na prática pedagógica do ensinar e aprender, consubstanciados na relação ensino-aprendizagem. Daí depreende-se que há alguém que ensina, alguém que aprende, e algo que se ensina, o objeto do conhecimento. Esta é uma visão simplificada, pois poderíamos adicionar: o propósito do ensino; o currículo; a avaliação; os recursos disponíveis; o contexto socioeconômico e seus desdobramentos sociais; além da subjetividade e das interações dos envolvidos no processo educativo.

Por *aprendizagem*, Houdé (2011, p.45) considera que esta “consiste em modificar a capacidade [do aprendiz] de realizar uma tarefa a partir de uma interação com o ambiente”; por sua vez, o ensino deve ser e é muito mais do que transferir conhecimento, é “criar as possibilidades para sua produção” (FREIRE, 1996, p.47) em uma experiência educativa transformadora. Apesar de tais concepções, esses elementos organizados num processo dinâmico de apropriação e reelaboração de saberes configuram uma “totalidade” (LOPES, 1996, p.105), o processo educativo.

Na educação temos as teorias que se referem aos princípios orientadores da prática pedagógica. Como consequência, temos os modelos pedagógicos que oferecem o modo *como* as interações professor, estudante e objeto de estudo ocorrerão. Entretanto, há diversas teorizações e tendências educacionais, cada qual dando ênfase a princípios para estabelecer sua configuração enquanto teoria.

A APRENDIZAGEM ATIVA (AA)

Contrário à escola tradicional, John Dewey (1859-1952) buscou estabelecer os princípios de uma *aprendizagem ativa*¹⁰ fundamentada no *pragmatismo* e no *experimentalismo*.¹¹ Dewey é tido como o primeiro¹² a fundamentar filosoficamente a concepção de uma *escola ativa* afirmando que o ensino e a construção de conhecimentos, habilidades e atitudes estariam relacionados ao aprendizado prático, ao aprender fazendo. A AA estaria vinculada ao fazer e se iniciaria pelo enfrentamento de um problema, deflagrando o ato de pensar reflexivamente (DEWEY, 1979, p.22). Num segundo momento haveria a definição da natureza

¹⁰ Inicialmente nomeada de Educação Progressista por Dewey e que mais tarde deu corpo à concepção da Escola Nova ou Escola Ativa.

¹¹ Pragmatismo, princípio no qual o sentido das ideias advém do desdobramento e da dinâmica das ações e práticas individuais e sociais, estas interdependentes. Já o experimentalismo é o princípio que orienta estender o método experimental, baseado na experiência, a todos os âmbitos da vida, fazendo a leitura da realidade pela experiência vivida.

¹² Já havia também um movimento de renovação da escola tradicional na Europa com as iniciativas de Adolphe Ferrière que em 1899 fundou na Suíça o Birô Internacional das Escolas Novas.

do problema; o levantamento das hipóteses de solução; a verificação lógica da aderência das hipóteses com a especificidade do problema, a pesquisa para encontrar a solução; e finalmente a verificação experimental da hipótese compatível (DEWEY, 1979). O que se propõe é o uso do método da investigação científica empírica, pois a experiência é um método “capaz de pôr à prova um conhecimento e capaz de conduzir a sua retificação” (ABBAGNANO, 1982, p.390), assumindo-se, assim, que o conhecimento só pode advir da experiência.

A resolução de um problema resultaria de um processo dialético de reflexão da realidade buscando suas contradições e examinando elementos envolvidos; 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” (DEWEY, 2010, p.92), configurando uma resposta ou síntese diante de problemas. Nesse sentido, a curiosidade, o enfrentamento dos problemas, a experiência humana prática e suas interações - com pessoas, condições objetivas, subjetivas, coisas e fatos - constituem a “estrutura da experiência” (DEWEY, 1979, p.44) do aprendizado. Dewey defende que as experiências educativas deveriam se articular com a realidade, sendo interessantes ao estudante, além de ter uma conexão com um uso futuro. Assim, buscou-se construir uma teoria da *experiência*, que guiaria a educação, tornando-se o ponto de partida para o conhecimento, ao passo que configuraria o modo da aprendizagem, seu formato e sua aplicação. A função da educação poderia então ser definida como o “alargamento da experiência” (DEWEY, 1979, p.199), pois, para o autor, educação significa *crescimento*, em que *continuidade* e *interação* não se separam, mas se interceptam.

Não desconstruindo a educação tradicional, Dewey defende que a AA, a organização curricular e os métodos de ensino, assim como os recursos e a organização social da escola, deveriam ser baseados na experiência e direcionados por “ideias que, quando articuladas e coerentes, formam uma filosofia da educação” (DEWEY, 2010, p.30). Essa abordagem para conduzir o processo educativo requer estratégias como os projetos de atividades práticas, que deveriam apresentar as seguintes condições: serem interessantes e evocarem a curiosidade, emoções e desejos; terem significado e valor envolvendo os indivíduos com responsabilidade; apresentarem problemas despertando indagações e busca por informações via observação, leitura, consulta a especialistas; serem passíveis de desenvolvimento, apresentando continuidade e integração (DEWEY, 1979, p.215).

Sobre o papel do educador, este deveria proporcionar direção e desafio, além de situações e condições objetivas em que se processa a experiência da aprendizagem, colocando-se “não como ditador, nem como simples aprendiz, mas como orientador intelectual da experiência partilhada por todo o grupo” (DEWEY, 1979, p.4). A AA levaria ao desenvolvimento de conhecimentos, habilidades e atitudes, ou seja, competências que possibilitam um desenvolvimento cognitivo avançado. As competências cognitivas avançadas são referendadas na *Taxonomia de Bloom*, estudo que classifica os objetivos da aprendizagem em habilidades mais simples - conhecer, compreender, aplicar - e, num nível mais avançado, as capacidades de analisar, sintetizar e avaliar ou criar conceitos, princípios, processos e procedimentos (BLOOM *apud* ARMSTRONG, 2016), capacitando os indivíduos em operações complexas. Sumarizando a teorização da AA, esta é, portanto, a abordagem na

qual o estudante, com sua participação ativa, se depara com o enfrentamento de problemas e constrói reflexivamente soluções, tendo o conhecimento como um desdobramento da própria experiência educativa.

OUTRAS CORRENTES TEÓRICAS

A busca por compreender o processo de construção do conhecimento levou à concepção da educação como uma construção humana, o *construtivismo*. Nessa teorização o conhecimento é produto de construções resultantes de reconfigurações que geram novas estruturas mentais para representar a realidade. Para Piaget (1896-1980), a ação do indivíduo apresenta um caráter intrinsecamente cognitivo, uma vez que o *saber fazer* é a tomada de consciência da própria ação, ao passo que compreender é dominar a ação na situação (PIAGET, 1978, p.176).

A passagem de conhecimentos práticos para o nível mental se efetuará via situação problematizadora e estes seriam assimilados, acomodados e reorganizados, isto é, classificados, hierarquizados e armazenados na estrutura cognitiva após uma autorregulação ou *reequilíbrio*; o que levaria ao desenvolvimento de uma consciência, à apropriação de conhecimento e à aprendizagem que ocorre em função dessa reorganização incremental (PIAGET, 1978). O docente é considerado um mediador indispensável, propiciando condições de aprendizagem por práticas pedagógicas e “dispositivos de partida suscetíveis de apresentar problemas úteis à criança e, em seguida, organizar contraexemplos que forcem a reflexão [...] a pesquisa e o esforço” (PIAGET, 1974, p.18) promovendo o desenvolvimento cognitivo.

Adicionalmente, o sócio-construtivista Vygotsky (1896-1934) teorizou que o *desenvolvimento* e a *aprendizagem* são produtos da interação social e do processo histórico de construção do conhecimento. Sendo que é pela interação linguagem e ação - comunicação - que surge o desenvolvimento da consciência e inteligência (VYGOTSKY, 2010, p.12) e, por consequência, o processo educativo, tornando-o um ato dialógico que leva à compreensão da realidade e aos conhecimentos (SANTOS, 2014). Outra contribuição de Vygotsky é o conceito de *Zona de Desenvolvimento Proximal* (ZDP); devido ao fato de a capacidade de aprender variar de pessoa para pessoa, existiria uma zona/área de aprendizado e desenvolvimento que é o campo definido como o percurso 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” (VYGOTSKY, 2010, p.97). Aprendizagem e desenvolvimento são intrinsecamente relacionados, mas, para o autor, é o aprendizado que conduz ao desenvolvimento, porque gera a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). Em Vygotsky, a ação de ensinar tem um caráter de atividade interativa e relacional entre professor e estudantes. O professor, por sua prática pedagógica, deve proporcionar atividades que deflagrem as ZDPs e ser o interlocutor de uma relação pedagógica dialógica, que favoreça o aprendizado e 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).

Outra teorização sobre o processo educativo é a *Aprendizagem Significativa* (AS) cuja tese é a de que uma nova informação ou “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). É nesse percurso que o “significado lógico do material de aprendizagem se transforma em significado psicológico para o sujeito” (MOREIRA; CABALLERO; RODRIGUEZ, 1997, p.19) e, portanto, significativo. Por *não arbitrário* considera-se que o elemento - fato, informação, conceito, proposição, material ou conhecimento - se relaciona sem imposição com a estrutura cognitiva e os conhecimentos prévios do indivíduo. Essa condição teria uma vinculação à predisposição da vontade do indivíduo, que se traduziria no desejo em aprender, transformando o processo educativo numa atividade prazerosa ao estudante (MOREIRA *et al.*, 1997). O outro pilar da teoria, o conceito de *substantividade*, significaria o entendimento da natureza do novo conhecimento, a ideia de sua consistência, sua parte real, essencial, sua matéria. O conhecimento prévio serviria como *âncora* e “de matriz ideacional e organizacional para incorporação, compreensão e fixação de novos conhecimentos [...] na estrutura cognitiva” (MOREIRA; CABALLERO; RODRIGUEZ, 1997, p.19), em que elementos simples são articulados a conceitos maiores, gerais e inclusivos, formando e representando a experiência individual.

As correntes teóricas referenciadas enfatizam o papel da interação dos sujeitos no processo educativo, suas subjetividades, bem como o ambiente e as condições externas favoráveis à experiência do processo pedagógico ativo baseado no fazer e no resolver problemas da realidade. Mas que abordagem pedagógica é levada a cabo neste processo formativo de construção de saberes? Apesar da dificuldade de se adotar tais teorizações educacionais, na educação em engenharia, a PBL apresenta-se como uma estratégia compatível, pois promove uma aprendizagem perene, o pensamento crítico e a autonomia, permitindo o desenvolvimento intelectual e a formação de saberes (CASALE, 2013, p.33).

A PBL

A PBL é uma estratégia pedagógica, caracterizada pelo contexto do enfrentamento de problemas complexos “para estimular o desenvolvimento de pensamento crítico e habilidades de solução de problemas, [bem como] a aprendizagem de conceitos fundamentais da área de conhecimento em questão” (RIBEIRO, 2005, p.32). A origem da PBL é incerta,¹³ mas estudiosos (GRIMONI *et al.*, 2012; MATTASOGLIO NETO *et al.*, 2014; RIBEIRO, 2005) apontam uma matriz filosófica em Dewey.

CARACTERÍSTICAS GERAIS

O propósito é a construção e/ou reelaboração coletiva e individual de saberes a partir da experiência na resolução de problemas contextualizados - em disciplinas

¹³ Como primeiro registro de adoção formal da PBL, Ribeiro (2005) aponta que, em 1969, a Universidade *McMaster* (Canadá) adotou a PBL para a Educação de Medicina. Posteriormente, a experiência se disseminou e, em 1976, a Universidade de Maastricht (Holanda) tornou a PBL o eixo do seu processo educativo.

ou projetos multidisciplinares -, trazidos e apresentados no início do processo pelo professor, escolhidos pelos estudantes ou até mesmo problemas imprevistos. Busca-se promover a investigação, a compreensão e a resolução de um dado problema, através do levantamento de hipóteses para sua solução, que se tornarão objetivos e questões de estudo, investigação e aprendizagem; em seguida, aplicam-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. Nessa 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 da aprendizagem.

Ainda quanto ao desenvolvimento das atividades, a partir dos problemas postos, deflagra-se o trabalho de planejamento de ações - práticas ou mesmo teóricas - e de direção, de motivação, bem como a busca de informações. 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 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.

Ressalta-se que esse processo é potencializado pela dinâmica do trabalho em equipe e pelas discussões, pois é por elas que ocorre o confrontar com os saberes prévios, com as diferentes opiniões, 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.

Diferentemente do modelo da aula tradicional, em que “tudo já está determinado e há pouco para ser descoberto” (SOUSA, 2015, p.28), na PBL, o estudante não é mais o receptor passivo, tornando-se protagonista do processo de autoaprendizagem e de descobertas - de forma ativa e reflexiva - e na interação e no compartilhamento coletivo de informações e conhecimento para a solução do problema. Tal processo busca dar voz aos estudantes, permitindo a tomada de decisões, num processo de *empoderamento*, conferindo-lhes um sentimento de responsabilidade e significação.

É nessa dinâmica dialógica e dialética que se busca integrar teoria, prática e consolidar a aprendizagem. Nesse 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 a sua potencialidade. Ressalta-se a importância da relação professor-estudante, da comunicação e da interação, pois na PBL esta relação é mais horizontal; o foco é menos no ensino e mais no processo de aprendizagem, o professor se coloca como um colaborador do processo, se transformando de *detentor do saber* a *condutor* de uma experiência educativa (SOUSA, 2015; DEWEY, 1979). O professor atua como mediador e orientador do processo no tratamento do problema, sem, contudo, oferecer respostas, “o professor precisa guiar, sem conduzir; apoiar, sem dirigir [além de avaliar] o problema, o estudante e sua própria atuação [...]” (DELISLE, 2000 *apud* SOUSA, 2015, p.27). Os atributos do educador que trabalha com PBL também se categorizam em *conceituais*, *procedimentais* e *atitudinais* e determinam em

parte a experiência educativa, tais como: zelar, orientar e criar condições objetivas favoráveis; mobilizar pessoas e recursos, postando-se como coaprendiz; observar, escutar e compreender as intersubjetividades para decidir quando intervir; questionar e promover a discussão; fornecer *feedback*, intervindo para corrigir erros, rumos e promover ajustes etc. (CASALE, 2013).

Na prática, não há um formato único para a aplicação da PBL, este dependerá: da natureza do problema; do conhecimento, de habilidades e atitudes a desenvolver; do nível de desenvolvimento e aprendizado dos estudantes; dos recursos materiais e das condições objetivas disponíveis etc. Dentre as experiências existentes, a *Universidade de Maastrich* (Holanda) adotou um modelo que consiste em *Sete Passos* - que também se iniciam com um problema - os quais os estudantes devem seguir (MATTASOGLIO NETO *et al.*, 2014, p.31; SOUSA, 2015, p.13). Entretanto, não se deve desconsiderar o caráter iterativo e flexível necessário ao processo de aprendizagem, pois pode-se retornar a um ponto para reavaliá-lo ou aprimorá-lo. Qualquer que seja o formato, a PBL contempla ações deliberadas, proporcionando um processo de absorção de novos saberes, sua reelaboração e aplicação.

Quanto à *natureza dos problemas* na PBL, estes devem ter pouca informação indicativa quanto ao método de solução, de forma a mobilizar diversos recursos cognitivos em uma ZDP, levando o estudante a avançar em áreas de conhecimento. Em engenharia, problemas se apresentam na forma de especificações e restrições técnicas de variadas naturezas, como medidas, materiais e tecnologias, aplicações físicas, podendo se configurar como uma construção, um processo, uma atividade ou um projeto de longa duração. Assim, na transposição de problemas para a educação em engenharia, a PBL pode se caracterizar como uma Aprendizagem Baseada em Projetos (*Project Based Learning*, PjBL) (RIBEIRO, 2005, p.47). A adoção dos projetos leva o estudante a enxergar a realidade de forma integral, considerando as múltiplas influências de um tópico ou problema envolvido, levando o estudante a estabelecer relações e inferências, construindo um "saber relacional" (HERNÁNDEZ; VENTURA, 1998, p.45). Seja no desenho de um produto ou na resolução de um problema, a experiência de aprendizagem permeada pela cultura do projeto compele os estudantes a exercitarem várias habilidades técnicas e não técnicas. Tanto a PBL quanto PjBL têm sua origem em um problema; são estratégias que viabilizam a AA, apresentando fatores e elementos comuns que se configuram em semelhanças.

A PBL, O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS E A RELAÇÃO COM O SABER

Nesta abordagem, fatores como *predisposição*, *motivação*, *autonomia* e *desejo* devem ser considerados, uma vez que sem estes a construção de conhecimento não se efetiva, 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). Trata-se de uma postura do indivíduo diante do conhecimento, de seus objetos de aprendizagem e dos problemas e desafios que enfrenta. Tais aspectos referem-se à capacidade de mobilizar um conjunto de saberes para solucionar problemas com uma postura reflexiva, ou seja, "[...] fazer relacionamentos, interpretações, interpolações, inferências, invenções, em suma, complexas operações mentais cuja orquestração só pode construir-se [na ação]" (PERRENOUD, 1999, p.8). Expandindo essa noção

e sua aplicabilidade, de uma área de domínio para outra, de forma coerente às especificidades das situações-problema, chegamos à noção de *competências transversais*, um construto intencional capacitando o indivíduo a agir, se adaptar, compreender e intervir no mundo, de forma reflexiva frente às situações diversas (REY, 2000). Nesse sentido, a competência revela e “é uma disposição para com a oportunidade [e uma] potencialidade do sujeito” (REY, 2002, p.48), tendo em vista que sua efetivação implica estar atento a aspectos e perspectivas que configuram a transversalidade.¹⁴ É na integração dos conhecimentos *tácitos* com os *formalizados*, mobilizando-os na ação e em práticas pedagógicas problematizadoras que vão sendo construídas as competências transversais (PERRENOUD, 1999, p.36).

O desenvolvimento de competências está diretamente relacionado ao aprendizado prático, ao pensamento reflexivo, à autonomia e é através da interpretação de problemas e concepção de soluções que os indivíduos 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). Esta *epistemologia da prática* (SCHON, 2000) significa “conhecer na ação” e “refletir na ação”. Seria através desse percurso que utilizam-se as competências já consolidadas e constroem-se e relacionam-se outras. À prática reflexiva, reforça-se a necessidade de uma nova disposição do indivíduo com o objeto de estudo, com relação ao saber e com a própria educação enquanto forma de construir e aprender conhecimentos, e não somente de reproduzi-los, como o é num percurso de formação, consoante ao prescrito na AA e na PBL.

O ESTUDO DE CASO – A EQUIPE CEFAS-BAJA, SUAS ATIVIDADES E O CONTEXTO

A equipe¹⁵ foi criada em 1996 para participação na competição anual Baja SAE-Brasil,¹⁶ destinada a estudantes de engenharia. O que se propõe é a construção de um protótipo de veículo *off road*, no qual se aplica na prática conhecimentos teóricos adquiridos. Promove-se a avaliação comparativa entre projetos, e o objetivo maior é a preparação profissional do futuro engenheiro. Esse processo envolve o estudante em um projeto real de desenvolvimento, desde sua concepção, construção e testes, levando-o a desenvolver conhecimentos, habilidades e atitudes, o que torna a experiência relevante em termos de aprendizado extracurricular,¹⁷ ao passo que dispara um processo dinâmico de aprimoramento do protótipo.

Os regulamentos SAE definem as regras da competição e as especificações básicas do veículo, que deve ser projetado e construído inteiramente pelos estudantes.¹⁸ O veículo deve ser capaz de operar sobre terrenos acidentados apresentando

¹⁴ 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.

¹⁵ Nos referiremos variavelmente “à equipe”, “ao projeto CEFAS-BAJA”, ou ao “projeto” de forma geral, uma vez que tanto a equipe e suas atividades quanto o projeto do veículo em si apresentam uma totalidade intrínseca.

¹⁶ Subsidiária da SAE International.

¹⁷ Fonte: <www.saebrasil.org.br>.

¹⁸ Salvo alguns elementos adquiridos de fornecedores - caso do motor, amortecedores e pneus -, uma vez que estudantes e instituições não possuem meios materiais de fazê-los.

tração para vencer obstáculos. Como critérios avaliativos, há os testes estáticos, como: Conforto, Segurança no Sistema de Abastecimento, Inspeção Técnica e de Segurança etc. Outra fase é a avaliação do relatório técnico e apresentações orais. A fase final é a dos testes dinâmicos, em pista, em que são verificados: frenagem, tração, suspensão, manobrabilidade, aceleração e velocidade final, além do enduro de resistência, quando o veículo é posto à prova em condições severas e deve demonstrar na prática uma *performance* satisfatória.

Por outro lado, há o Estatuto da Equipe, que define seu funcionamento e a organização.¹⁹ Quanto às funções dos participantes, estão previstas as figuras do Capitão de Equipe e um Gerente de Projetos. Este último é responsável pela integração das tarefas dos subsistemas técnicos, buscando a adequada execução e conformidade de escopo do projeto do veículo dentro do cronograma definido. Ao Capitão cabe a responsabilidade da representação institucional da equipe, respondendo por ela e liderando-a, conduzindo as reuniões, sendo responsável pelo veículo em geral e zelando pelo cumprimento do Estatuto. Além do piloto do veículo, os demais membros são distribuídos em subsistemas que compõem o veículo, e suas atribuições circunscritas às áreas técnicas: Suspensão e Direção, Estrutura, Freio, *Powertrain*, Eletrônica e *Design*. Ressalta-se o apoio institucional do NEAC, que fornece um galpão para as atividades administrativas, estudos e os recursos materiais para o projeto. Na mesma área se encontra a oficina onde se realizam as atividades práticas com máquinas e equipamentos industriais diversos etc. Adicionalmente, oito estudantes recebem bolsas de extensão, recursos estes repassados consensualmente à equipe, propiciando o custeio na construção e manutenção do veículo. Com relação à avaliação dos participantes no projeto, a avaliação individual é feita pela própria equipe, considerando o desempenho e, caso seja necessário, pelo professor orientador. O projeto conta com 23 estudantes das engenharias Mecânica, Elétrica, de Materiais e de Computação. O grupo é heterogêneo, com membros de ambos os sexos, faixa etária entre 19 e 30 anos e de diversos períodos de seus respectivos cursos. Já o Professor, escolhido pela equipe, é o elo de representação institucional 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.

COMO FUNCIONA

É através das reuniões que os estudantes se deparam com o enfrentamento de problemas, o ponto de partida para a deliberação sobre as atividades desenvolvidas pela equipe. Este é um dos momentos de interação em que todos têm direito à fala, à proposição de sugestões, às críticas, à exposição de dúvidas e a posicionamentos individuais. A reunião é o fórum de deliberação, e as decisões são válidas pelo voto da maioria simples. As reuniões contemplam a apresentação, análise e discussão de problemas e atividades, práticas ou teóricas, das mais variadas naturezas. Os estudantes discutem a partir dos conhecimentos que têm, ao passo que se deparam com questões que não conhecem e que se tornam objetos de pesquisa e estudos. O professor faz ponderações nas discussões, porém sua presença é opcional, devido

¹⁹ Fonte: Estatuto da Equipe CEFAST BAJA CEFET-MG. Belo Horizonte: CEFET-MG, 2016. Mimeografado.

à autonomia deliberativa da equipe. Assim, a partir das discussões, estabelecem-se tarefas, individuais ou para grupos, a serem feitas sobre problemas ou as lacunas em termos de tópicos e conhecimentos que se identificaram nas discussões, ou seja, é na reunião que se disparam todas as ações da equipe.

As pesquisas são realizadas em livros, na internet, por meio de consulta a professores, ex-integrantes e especialistas. Os estudos promovem o aprofundamento de tópicos até então não dominados, promovendo a agregação de saberes. Ao longo da construção e previamente à competição realizam-se diversos testes normatizados de validação no veículo, bem como testes semelhantes aos da competição, configurando momentos de estudos e ajustes no projeto, testes estes que compõem os relatórios técnicos e são apresentados oralmente na competição; e representam o trabalho teórico-prático utilizado no desenvolvimento e na construção. Quanto às práticas de oficina, estas englobam diversas operações relativas à fabricação de peças, montagem e manutenção no protótipo e exigem o manuseio de ferramentas, instrumentos de medição e máquinas de uso industrial.²⁰ Essas práticas são executadas de maneira autônoma pelos estudantes, entretanto são instruídos pelos seus pares mais experientes. Por motivos analíticos, buscou-se dissociar as atividades de gestão do projeto técnico do veículo das atividades de gestão da equipe CEFAST-BAJA. Fazer a gestão de um projeto técnico é gerenciar a execução propriamente dita do projeto e envolve uma série de subprocessos correlacionados, consistindo num esforço em organizar e integrar as partes e atividades de um todo, de modo a entregar ao final de um período um resultado com certas especificações e restrições de prazo, qualidade e custo. Conduzidas pelo Gerente de Projeto, as atividades envolvem: a especificação dos requisitos do protótipo; o planejamento de planos de ação, definido o cronograma, os recursos materiais e humanos, os custos, os riscos etc.; execução, quando se materializam as atividades previstas; monitoramento e controle, atividades sistemáticas por meio das quais se procedem aos ajustes necessários e, para tanto, faz-se o uso de ferramentas de gestão e qualidade;²¹ e finalização, entrega do resultado e a avaliação do processo desenvolvido. A despeito dessa tentativa de planificação da execução do projeto, a ocorrência de problemas e imprevistos põe à prova a capacidade da equipe de reelaborar suas ações, tornando o gerenciamento do projeto um processo contínuo. De modo geral, a gestão da equipe é conduzida pelo Capitão, consistindo em assegurar o funcionamento em termos de recursos humanos, materiais, financeiros e operacionais, bem como a representação institucional da equipe. Após as competições, visando a uma melhor gestão, 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. Ou seja, uma avaliação geral do desempenho da equipe, sendo este o momento em que buscam-se as correções e a melhoria contínua do projeto, aprimorando as atividades, a integração dos recursos, da gestão do tempo, das pessoas e do conhecimento. A *competição* é o ponto culminante de todo o processo

²⁰Tais como: torno mecânico, máquina de solda, calandra, furadeira de bancada, esmeriladora, prensa, guilhotina, mesa de gabarito, balança, acelerômetro, célula de carga, multímetro, *protoboard* (placa para teste de circuitos eletro-eletrônicos) e arduino (placa de desenvolvimento e prototipagem de circuitos ligada a um microcontrolador).

²¹Tais como a metodologia 5S, a Casa da Qualidade, PDCA, gestão de projetos, dentre outros.

de desenvolvimento do veículo, quando o resultado do trabalho é apresentado e avaliado externamente competindo com outras equipes/instituições. Entretanto, como as atividades do projeto encontram-se circunscritas num ciclo dinâmico, logo após a competição, já se iniciam os ajustes ou a projeção do veículo seguinte.

ANÁLISE DOS RESULTADOS DE PESQUISA

as análises de conteúdo temático se encontram organizadas em blocos de análise textual, segmentadas pelas categorias tomadas como conceitos-chave; e se discorrem sobre as subcategorias no interior destes blocos, conforme QUADRO 1.

QUADRO 1
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 a mudanças; autonomia.
A experiência de aprendizagem	problema; a reunião/interação; integração teoria e prática; aperfeiçoamento contínuo; aprendizado; o papel do professor.

Fonte: Elaboração dos autores.

SABER FAZER – HABILIDADES

O *saber fazer* é a categoria de análise fundamental nesta pesquisa, pois partiu-se do princípio do aprender pelo fazer. Fazer é dar existência a algo, trata-se de produzir, construir, criar ou transformar algo. Mas o importante não é simplesmente fazer e sim *saber fazer* e pôr em ação recursos adequados para alcançar um resultado. O *saber fazer* possibilita a vinculação teoria-prática, configura o saber prático e as *habilidades* em se fazer algo, o que em última instância configura a técnica, o resultado de um processo evolutivo de trabalho.

Na oficina o que não falta são atividades e operações a serem executadas envolvendo métodos de fabricação, modelagem e o manuseio de materiais, máquinas e equipamentos, instrumentos de medição e ferramentas - inclusive *softwares* computacionais - para cálculos, projeções e simulações. Nas observações de campo, verificou-se o desenvolvimento de diversas atividades, do projeto à montagem, como:

[...] fazer a gaiola, eu ajudei na parte de fazer os gabaritos, furei, parafusei milhões dos bloquinhos de *mdf* [...], foi nesta época que eu aprendi a mexer no torno, porque tive que fazer umas pecinhas de poliuretano, cortar o tubo, dobrar e montar para a solda [...] (E2).

Eu ajudei a fazer a suspensão dianteira [...], todas as peças, o desenho [...]. Aliás a soldagem foi toda minha do chassi [...], o cálculo do chassi foi todo meu (E15).

"[...] 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 (E12).

[...] as laminações foi eu quem fiz, seria fazer as carenagens em compósito, 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, o banco foi eu que fiz, fiz o desenho no computador, moldei, laminei (E4).

Os estudantes se envolvem em todas as fases, desde a concepção, passando pela modelagem e construção, até a finalização; e o saber fazer requer necessariamente estar consciente da forma de se fazer algo no momento, durante ou após a atividade (SCHON, 2000). Há que se pôr em prática a reflexão a fim de se compreender e materializar os planos e projetos via ação. Nesse sentido, o saber fazer se vincula ao saber *pensar*, constitui a integração de saberes práticos e teóricos, e a dinâmica do projeto requer a convergência de saberes.

SABER PENSAR – CONHECIMENTOS

O *saber pensar* é a capacidade formada por meio da experiência do pensar de forma reflexiva e contextualizada, reelaborando e operacionalizando tal capacidade em adequação às necessidades, constituindo, assim, uma base para o *conhecimento*. O passo inicial é assumir que há um problema (DEWEY, 1979) a ser enfrentado, relacionando elementos da situação em conjunto com as especificações do projeto e, para tanto, os estudantes argumentam:

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 identifiquei a fonte do problema, e aí eu paro e penso, discuto e tento buscar opiniões e possíveis soluções (E2).

[...] 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 [...] tem que ser analisado, investigar, ver o porquê (E13).

Percebe-se nos depoimentos o percurso mental de reflexão como em um método científico na busca por soluções, que requer a análise dos fatos e dos fatores subjacentes. O exercício analítico da decomposição dos problemas em partes faz parte do saber pensar, subsidiando a tomada de decisão, como declarado pelo estudante:

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 [...] 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:

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 dar certo, mas nunca você tem 100% de certeza. A gente tem é uma hipótese (E10).

No decurso das atividades, requer-se o questionamento sobre as causas, as interdependências, as hipóteses, configurando o percurso da construção de soluções técnicas e em ações corretivas ou mesmo preditivas. As revisões técnicas requerem pesquisas, e neste projeto há muita pesquisa, pois a área automotiva não é a ênfase dos cursos do CEFET-MG e não há oferta de algumas disciplinas específicas, como a *Dinâmica Veicular*. Entretanto, nos currículos há disciplinas correlatas que servem de base para a aplicação no protótipo como *Estática, Termodinâmica, Materiais, Motores*, dentre outras. Há também consulta a professores, bem como o estudo autônomo, como citado pelos estudantes abaixo:

Quando eu estava procurando o material para o disco de freio, eu busquei informações na matéria de Materiais. Entrei em contato com o professor, e 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 (E6).

Eu procurei meu professor de desenho algumas vezes e teve problemas que tivemos que procurar o professor de Materiais [...] (E2).

Tive que ler um livro de laminação, porque a gente não tem essa matéria. Busquei como laminava, como fazia um *compósito*, para fazer a carenagem (E4).

Pesquisas e informações, normalmente discutidos, são transpostos para planos de ação e relatórios. Ressalta-se que o desenvolvimento de saberes ocorre exatamente no espaço entre o conhecimento prévio - o ponto de ancoragem do estudante (AUSUBEL, 1968) - e aqueles descobertos na intenção de resolver problemas, o potencial (VYGOTSKY, 2010) de crescimento e de aprendizado, num movimento de assimilação e acomodação do conhecimento novo (PIAGET, 1978). Assim, o projeto proporciona o exercício do saber pensar de forma reflexiva; obter saberes científico-tecnológicos; desenvolvendo habilidades mentais avançadas e a capacidade de reelaborar e integrar saberes, possibilitando um avanço na formação.

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 e, de forma geral, da disposição que se imprime no desenvolvimento destas interações, viabilizando a construção de habilidades e saberes não disciplinares.

O *saber ser* e o *saber agir*, ao passo que o indivíduo toma consciência das interações proporcionadas pela experiência educativa, conduziriam a um *saber atitudinal* implicando um senso de interdependência, de responsabilidade individual e social para a vida privada e profissional (DELORS *et al.*, 2010). Com relação ao *trabalho em equipe*, o projeto promove um senso de trabalho coletivo:

[...] 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 (E7).

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).

O projeto requer tarefas integradas, e o senso de corresponsabilidade é perceptível, pois implica o desempenho do veículo. Entretanto, como todo trabalho em equipe, há divergências de opinião e conflitos eventuais de pequena relevância, mas também há o espaço para discussão. O senso de equipe prevalece e, no decorrer das atividades, se efetivam os acertos e a busca pelo consenso. O trabalho em equipe supõe a *relação interpessoal*, a *comunicação* objetiva e o respeito ao outro e às diferenças, o que, em última instância, configura um grupo que discute e trabalha suas ações coletivamente. Pelo observado, há um forte aspecto relacional nesta experiência formativa, caracterizada por um ambiente cordial e de amizade entre os participantes, com professores, visitantes, especialistas, fornecedores, patrocinadores, ex-integrantes etc.

Outro aspecto desenvolvido é a flexibilidade em *se adaptar a mudanças* e a condições de trabalho complexas. Tal atributo tem a ver com os saberes e com a atenção para as situações, necessidades e oportunidades. Trata-se de uma capacidade de lidar com problemas e imprevistos e é comum os estudantes se depararem com tais situações, submetendo-os a criar soluções. Adaptar-se revela a capacidade de integrar saberes e de ver o todo e não somente as partes; e esta capacidade é oriunda eminentemente da vivência prática, em estar predisposto, ou seja, uma atitude proativa diante das situações-problema que vão aparecendo em um percurso dinâmico. Outra característica do projeto é a possibilidade de se exercer a liberdade de escolha e desenvolver um *senso de autonomia*. Liberdade para escolher tópicos de estudo e configurações do veículo na fase de projeto técnico ou no pós-competição - quando se fazem melhorias no veículo. Como citado pelo estudante: "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" (E11). E reiterado por outro estudante: "[...] o caso do *software*, eu tentei usar outro que eu estava achando melhor e eu fui por minha conta aprender" (E4). O senso de autonomia e liberdade contribuem na proatividade, na busca por conhecimentos e nas descobertas. Aliás, o conhecimento agregado é geralmente transposto para a autonomia das escolhas e para a execução de atividades com confiança. Enfim, as observações de campo e os depoimentos revelam que o projeto proporciona um ambiente de aprendizagem em que fatores subjetivos reforçam o desenvolvimento de competências não técnicas.

A EXPERIÊNCIA DE APRENDIZAGEM

A *aprendizagem* é um processo de incorporação de conhecimentos, habilidades e atitudes para realizar algo; é a introjeção dessas capacidades pelo indivíduo, perpassada pela interação com as pessoas, fatos, ações e correções, dentre

outros fatores. Assim, a aprendizagem é produto da dinâmica da interação desses elementos consubstanciando a “*estrutura da experiência*” educativa (DEWEY, 1979, p.44). Além das categorias de análise já discutidas, a *experiência de aprendizagem* possibilita compreender o processo educativo integralmente; assim consideramos, aqui, uma situação-problema: o mau desempenho na competição nacional de 2016; situação representativa de falhas e problemas vividos e, portanto, apontamos seus desdobramentos em relação ao processo de aprendizagem. Na ocasião, o projeto apresentou problemas relativos a: atrasos no cronograma acarretando a não realização de testes de validação; displicência quanto a item do regulamento; ineficiência de subsistema; e falha na execução do projeto técnico.

Após a competição ocorreram as *reuniões de avaliação* e deflagrou-se uma reflexão sobre o projeto, configurando um ponto de partida para processos de correção e aprendizado. Nesse período, as tratativas conduzidas pela Professora Orientadora foram cruciais na exposição da situação-problema, aconselhando, incentivando e retomando o trabalho de equipe no projeto. Como visto na literatura, o professor é indispensável como referência para os estudantes. Já no primeiro encontro, a professora abriu a reunião questionando: “Por que erramos?”, solicitando aos estudantes repensarem as falhas, e estabeleceu-se uma nova fase do projeto. As reuniões se desdobraram em atividades de pesquisas complementares a fim de tratar os problemas corretivamente. Com relação à avaliação, os erros são considerados parte do processo de aprendizagem, fonte de regulação e progresso (PERRENOUD, 1999), e os resultados são socializados, uma vez que se trata de um projeto coletivo; porém, nem só de erros é a experiência do projeto e foi nítida a mudança, com a busca por um aprimoramento. No âmbito de um processo de formação, a ênfase foram as ações corretivas pelos estudantes que, ativa e coletivamente, reavaliam os processos de trabalho e “re-constroem” o protótipo a partir dos problemas, sintetizando, integrando e construindo seus saberes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desta pesquisa foi compreender o processo de aprendizagem e desenvolvimento de saberes de futuros engenheiros por meio do projeto do protótipo CEFAST-BAJA. Amparamo-nos na teorização da experiência da AA de John Dewey e na contribuição de teóricos construtivistas, que subsidiam o entendimento desse processo formativo. Como visto em Charlot (2000), o *saber* é uma relação do indivíduo com o mundo, validada socialmente e, no percurso desta aprendizagem, o estudante enfrenta problemas, busca e assimila novos saberes e *acomoda-os* (PIAGET, 1974) aos que já traz consigo, potencializando a experiência educativa (VYGOTSKY, 2010) que o capacita a resolver problemas por meio de sua predisposição ao saber e aprender. Predisposição sem a qual não seria possível a efetivação das potencialidades individuais. Considera-se que o *saber fazer*, o *saber pensar*, o *saber ser* e *agir* configuram a *experiência da aprendizagem*, ao passo que são fatores condicionantes e condicionados, num processo iterativo, de fatores objetivos e subjetivos interdependentes. Esses saberes desenvolvidos formam um conjunto de atributos incorporados pelos estudantes no percurso de aprendizagem.

Por meio desse projeto, ao estudante é permitido descobrir seus erros, teorizando a prática e praticando a teoria, processos que se fundem na ação própria do estudante, que reelabora e constrói saberes, aplicando-os em situações-problema de forma reflexiva num processo iterativo.

Como mencionado, há uma problemática na formação em engenharia - um ensino tradicional, conteudista, com pouca prática -, ao passo que o mundo do trabalho vem demandando um engenheiro de novo tipo, com competências técnicas e não técnicas já mencionadas ao longo desta pesquisa, e esse projeto proporciona sobremaneira o desenvolvimento de tais atributos, pela síntese e integração na própria experiência construtiva.

Considerando o primeiro objetivo específico da pesquisa, identificar as competências pedagógicas docentes na atuação mediadora no processo de aprendizagem, constatou-se que o professor se dispõe à interação com os estudantes discutindo os problemas enfrentados, sendo mediador dos saberes sistematizados. O professor representa um olhar externo ao trabalho desenvolvido pelos estudantes, refletindo sobre as ações da equipe. A figura do professor é indispensável, promovendo um ambiente de diálogo, de respeito à autonomia das decisões tomadas coletivamente, à linguagem e à identidade do estudante (FREIRE, 1996), favorecendo a apreensão de conhecimentos. Tal mediação requer do professor a disponibilidade, a abertura ao diálogo, ser referência ética e técnico-científica, servir como um guia sem, contudo, ser aquele que determina o processo educativo.

Quanto ao segundo objetivo, identificar os saberes desenvolvidos no processo de aprendizagem, de modo geral considera-se que houve tal identificação, declarada pelos estudantes e observada em campo. Não se objetivou medir e quantificar os saberes, visto que há uma dificuldade empírica para tal, mas as discussões em reuniões e o próprio protótipo são prova dos conhecimentos técnico-científicos e daqueles não técnicos agregados. Adicionalmente, há evidências da internalização de habilidades mentais de alto nível, isto é, não somente conhecer e aplicar um conhecimento, mas analisar, sintetizar e avaliar processos, sistemas e problemas. Apesar do mau resultado na competição nacional e de que os estudantes não aplicaram os saberes a contento, há de se considerar a complexidade do projeto. Porém, no período pós-competição, o que se verificou foi a reflexão sobre erros e o acionamento de saberes em ações corretivas, consolidando a aprendizagem em um processo dialético de renovação do protótipo e dos saberes.

Quanto ao terceiro objetivo, avaliar a percepção dos participantes do processo formativo, este foi plenamente alcançado e constatado pelas entrevistas. Ressalta-se a significação dada à experiência, enfatizando a dimensão subjetiva e os aspectos vinculados à emoção, ao prazer e à afetividade que o projeto imprime nos participantes. Apesar dos contratemplos, nota-se a valoração e o sentido que os estudantes atribuem à experiência, além do reconhecimento de que vale a pena participar pelo ganho em termos de saberes.-

Quanto ao quarto objetivo, as observações de campo deram provas inequívocas, corroborando o pressuposto de que o projeto contempla preceitos da AA; sendo um projeto integrador, uma experiência privilegiada do encontro da prática com a teoria pelo estudante, ator central no processo, e a mobilização de saberes se dá

no decorrer das atividades integrando o saber prévio e o potencial. Pode-se ainda assegurar que o projeto segue a abordagem da PBL. Portanto, considera-se que o objetivo principal foi alcançado, isto é, a compreensão do processo educativo e seu impacto no desenvolvimento de saberes.

Fundada numa epistemologia crítica, relacional e construtivista (LODER, 2009), esta é uma experiência educativa extraordinária e consolida um processo de aprendizagem, de mobilização e incorporação de saberes, de crescimento pessoal e profissional. Espera-se que compreender essa 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 no processo de aprendizagem, de ser responsável pelo próprio desenvolvimento de forma reflexiva.

REFERÊNCIAS

- ABBAGNANO, N. **Dicionário de filosofia**. São Paulo: Mestre Jou, 1982.
- ARMSTRONG, P. **Bloom's Taxonomy. Center for Teaching. Vanderbilt University**. 2016. Disponível em: <<https://cft.vanderbilt.edu/guides-sub-pages/blooms-taxonomy/>>. Acesso em: 7 jun. 2016.
- AUSUBEL, D. P. **Educational Psychology: a cognitive view**. New York: Holt, Rinehart and Winston Inc., 1968. Cap. 2, p.37-79.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa (Portugal): Edições 70, 1977.
- CASALE, A. **Aprendizagem Baseada em Problemas: desenvolvimento de competências para o ensino em engenharia**. 2013. 162 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.
- CHARLOT, B. **Da relação com o saber: elementos para uma teoria**. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- DELORS, J. *et al.* **Educação: um tesouro a descobrir: Relatório para UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o Século XXI**. Brasília: Unesco, 2010.
- DEWEY, J. **Como pensamos: como se relaciona o pensamento reflexivo com o processo educativo: uma reexposição**. 4.ed. São Paulo: Cia. Ed. Nacional, 1979.
- DEWEY, J. **Experiência e educação**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2010.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- GRIMONI, J. A. B. *et al.* Aprendizagem ativa na educação em engenharia. In: OLIVEIRA, V. F. *et al.* (Org.). **Desafios da educação em engenharia: Vocação, Formação, Exercício Profissional, Experiências Metodológicas e Proposições**. Brasília: ABENGE; Blumenau: EdUFURB, 2012. p.60-111.
- HERNÁNDEZ, F.; VENTURA, M. **A organização do currículo por projetos de trabalho: o conhecimento é um caleidoscópio**. 5.ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- HOUDÉ, O. Aprendizagem. In: VAN ZANTEN, A. (Coord.). **Dicionário de educação**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.
- LODER, L. L. **Engenheiro em formação: o sujeito da aprendizagem e a construção do conhecimento em engenharia elétrica**. 2009. 341 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

- 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.
- MATTASOGLIO NETO, O. et al. 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. (Org.). **Desafios da Educação em Engenharia: Formação em Engenharia, Capacitação Docente, Experiências Metodológicas e Proposições**. Brasília: ABENGE, 2014. p.9-88.
- MIZUKAMI, M. G. N. **Ensino**: as abordagens do processo. São Paulo: EPU, 1986. Resumo de: ABREU, A. S.; MESQUITA, J. A.; ANCHIETA, J. Disponível em: <http://www.aedi.ufpa.br/parfor/letras/images/documentos/ativ1_2014/abaetetuba/tomeacu2011/ensino_as%20abordagens%20do%20processo.pdf>. Acesso 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>>. Acesso em: 17/03/2016.
- 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.
- PERRENOUD, P. **Construir as competências desde a escola**. Porto Alegre: Artmed, 1999.
- 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: USP: Melhoramentos, 1978.
- PINTO, D. P.; OLIVEIRA, V. F.; NUNES, R. C. P. (Org.). Prefácio. **Educação em engenharia: evolução, bases e formação**. Juiz de Fora: FMEPRO Editora, 2010.
- 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. 149 f. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2005.
- SANTOS, C. A. M. et al. Sócio-Constructivismo e o Uso de Metodologias Ativas de Aprendizagem no Ensino de Engenharia. In: OLIVEIRA, V. F.; TOZZI, M. J.; LODER, L. L. (Org.). **Desafios da educação em Engenharia: Formação em Engenharia, Capacitação Docente, Experiências Metodológicas e Proposições**. Brasília: ABENGE, 2014. p.89-152.
- 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.; OLIVEIRA, V. F.; NUNES, R. C. P. (Org.). **Educação em engenharia: evolução, bases e formação**. Juiz de Fora: FMEPRO, 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. 278 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Presidente Prudente, SP, 2015.
- VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. São Paulo: Martins Fontes, 2010.

Data da submissão: 02/06/2017

Data da aprovação: 17/07/2017