

Miguel Angel Chincaro Bernuy

**Inovação colaborativa no contexto da
aprendizagem ativa: uma proposta de
educação em engenharia**

Florianópolis (SC) - Brasil

2019

Miguel Angel Chincaro Bernuy

**Inovação colaborativa no contexto da
aprendizagem ativa: uma proposta de educação
em engenharia**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Doutor em Engenharia de Automação de Sistemas.

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Departamento de Automação e Sistemas

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Automação e
Sistemas

Orientador: Prof. Dr. Ubirajara Franco Moreno

Florianópolis (SC) - Brasil

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Bernuy, Miguel Angel Chincaro
Inovação colaborativa no contexto da aprendizagem
ativa : Uma proposta de educação em engenharia /
Miguel Angel Chincaro Bernuy ; orientador,
Ubirajara Franco Moreno, 2019.
168 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós
Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas,
Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Engenharia de Automação e Sistemas. 2.
Aprendizagem ativa. 3. Educação para a inovação. 4.
Aprendizagem colaborativa. I. Moreno, Ubirajara
Franco . II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Automação e Sistemas. III. Título.

Este trabalho é dedicado às crianças que existem em cada ser humano, amorosamente curiosas e puras em sua essência.

Miguel Angel Chincaro Bernuy

**INOVAÇÃO COLABORATIVA NO CONTEXTO DA
APRENDIZAGEM ATIVA: UMA PROPOSTA DE EDUCAÇÃO
EM ENGENHARIA**

Esta Tese foi julgada adequada para obtenção do Título de Doutor em Engenharia de Automação de Sistemas e aprovada em sua forma final pelo Programa Pós-Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 25 de abril de 2019.

Prof. Werner Kraus Junior, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Ubirajara Franco Moreno, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Nival Nunes de Almeida, Dr.
Escola de Guerra Naval

Prof. Irlan von Lisingen, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. André Bittencourt Leal, Dr.
Universidade Estadual de Santa Catarina

Prof. Jean-Marie Farines, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Agradecimentos

Agradeço o amor da minha linda esposa Diana, um anjo que me incentivou e foi a grande inspiração para encontrar significados para este trabalho.

Agradeço aos meus pais, Eduardo e Julia, por plantar a semente da esperança nas minhas ideias de criança, que vive e cresce cada dia mais segura de caminhos melhores para todos que puder ajudar.

Agradeço as minhas eternas crianças Paula, Samuel, Ana Luiza e Mikaela, que me ensinam todos os dias a ser pai, mesmo que a distância insista em fazer parte de nossos caminhos.

Agradeço ao meu orientador Ubirajara, que soube com muita criatividade e sabedoria organizar os percursos que este trabalho atravessou, com a certeza de que poderemos explorar diversas parcerias na construção de uma educação de qualidade.

Minha eterna gratidão a sociedade brasileira que financiou esta pesquisa e para ela este trabalho foi construído.

Um agradecimento a todos que contribuíram de forma mais próxima durante esta jornada, em especial aos amigos Fabio Baldissera, José Cury, Jean-Marie, Hector Bessa, Gabriel Manoel, Rodrigo Castelan, Ricardo Rabelo, Werner Kraus e Leandro Becker. Aos membros da banca, André Bittencourt, Irlan von Linsingen e Nival Nunes pelas suas valiosas contribuições e críticas construtivas.

Agradeço aos docentes do Departamento de Elétrica da UTFPR do Campus Cornélio Procópio, que deram o suporte necessário para meu afastamento integral, e em especial ao amigo Marcos Vallim, cujo incentivo foi fundamental do início ao fim deste trabalho.

Um agradecimento carinhoso a todos que participaram da pesquisa sem me deter em nomes específicos, pois este trabalho foi resultado da contribuição de centenas de pessoas, entre funcionários administrativos, empresários, estudantes, docentes e pesquisadores, com os quais tive o prazer de conviver durante as atividades desenvolvidas neste extenso país.

Resumo

Este trabalho apresenta uma abordagem para o desenvolvimento do pensamento inovador colaborativo na educação em engenharia no contexto da aprendizagem ativa. A metodologia tem uma arquitetura composta por princípios definidos pela inovação, empatia, usabilidade, interdisciplinaridade, adaptabilidade, modularidade, integralidade e sustentabilidade. O propósito deste trabalho é contribuir com a demanda para a formação de engenheiros capazes de inovar buscando um equilíbrio técnico e humanista. A contribuição deste trabalho está na construção de uma metodologia para a inovação colaborativa na educação em engenharia baseada nas análises da demanda do engenheiro inovador, dos métodos para a inovação no setor produtivo e do estado da arte das metodologias ativas na engenharia. A implementação da metodologia, por ser longitudinal, é mostrada usando um estudo de caso por meio sucessivas edições de uma disciplina do nível básico e intermediário em um curso de engenharia de controle e automação. Entre os principais resultados podem-se destacar a concepção de uma estrutura de referência para a Educação em Engenharia para a inovação por colaboração, um Processo de Refinamento de Dispositivos Pedagógicos usando a estrutura de referência, dois estudos de caso, cujos resultados parciais mostram, a partir da percepção dos docentes envolvidos, o desenvolvimento da autonomia nos estudantes, a construção de um ambiente de maior aprendizado para o próprio professor, estímulo para a criatividade nos estudantes, o desenvolvimento de um sentido de inovação e identificação de soluções para a comunidade, entre outros.

Palavras-chaves: Aprendizagem ativa, Educação para a inovação, Aprendizagem colaborativa.

Abstract

This thesis presents an approach for the development of innovative collaborative thinking in engineering education in the context of active learning. The methodology presented has an architecture composed of principles defined by innovation, empathy, usability, interdisciplinarity, adaptability, modularity, completeness and sustainability. The purpose of this work is to contribute to the demand for the training of engineers capable of innovating seeking a technical and humanistic balance. The contribution of this work is the construction of a methodology for collaborative innovation in engineering education based on the analyzes of the demand of the innovative engineer, the methods for the innovation in the productive sector and the state of the art of the active methodologies in the engineering. The implementation of the methodology, being longitudinal, will be shown using a case study through successive editions of a basic and intermediate level discipline in a course of control and automation engineering. Among the main results we can highlight the design of a reference framework for Engineering Education for innovation by collaboration, a Refinement Process of Pedagogical Devices using the reference structure, two case studies, the partial results of which show, the from the perception of the teachers involved, the development of autonomy in students, the construction of an environment of greater learning for the teacher, stimulation of creativity in students, the development of a sense of innovation and identification of solutions for the community, among others.

Key-words: Active learning, Education for innovation, Collaborative learning.

Resumen

Este trabajo presenta un enfoque para el desarrollo del pensamiento innovador colaborativo en la educación en ingeniería en el contexto del aprendizaje activo. La metodología presentada tiene una arquitectura compuesta por principios definidos por la innovación, empatía, usabilidad, interdisciplinariedad, adaptabilidad, modularidad, integralidad y sustentabilidad. El propósito de este trabajo es contribuir con la demanda para la formación de ingenieros capaces de innovar buscando un equilibrio técnico y humanista. La contribución de este trabajo está en la construcción de una metodología para la innovación colaborativa en la educación en ingeniería basada en los análisis de la demanda del ingeniero innovador, de los métodos para la innovación en el sector productivo y del estado del arte de las metodologías activas en la ingeniería. La implementación de la metodología, por ser longitudinal, será mostrada usando un estudio de caso por medio de sucesivas ediciones de una disciplina del nivel básico e intermedio en un curso de ingeniería de control y automatización. Entre los principales resultados se puede destacar la concepción de una estructura de referencia para la Educación en Ingeniería para la innovación por colaboración, un Proceso de Refinamiento de Dispositivos Pedagógicos usando la estructura de referencia, dos estudios de caso, cuyos resultados parciales muestran, a partir de la percepción de los docentes involucrados, el desarrollo de la autonomía en los estudiantes, la construcción de un ambiente de mayor aprendizaje para el propio profesor, el estímulo para la creatividad en los estudiantes, el desarrollo de un sentido de innovación e identificación de soluciones para la comunidad, entre otros.

Palabras-claves: Aprendizaje Activo, Educación para la Innovación, Aprendizaje Colaborativo.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Índice de mudança de atividades no trabalho na economia americana entre 1960 e 2009. . .	30
Figura 2 – Competências para a inovação.	54
Figura 3 – Ações para desenvolver competências para a inovação.	55
Figura 4 – Design Thinking por Brown e Rowe em 2008.	57
Figura 5 – Processo SECI por Nonaka em 2000.	59
Figura 6 – Double Diamond por Design Council UK. . .	61
Figura 7 – Modelo linear integrado para DPN.	62
Figura 8 – Etapas com interseção.	63
Figura 9 – Etapas sem interseção.	63
Figura 10 – Ferramentas para as fases de pequenos ciclos.	65
Figura 11 – Níveis no processos no Sistema Educacional.	67
Figura 12 – Comparação entre ABPj e ABP.	76
Figura 13 – Competências para inovar x Perspectivas dos princípios de ABP e ABPj.	78
Figura 14 – Premissas do modelo.	88
Figura 15 – Princípios do modelo.	89
Figura 16 – Relação entre os princípios e os dispositivos pedagógicos do modelo para disciplinas para educação para a inovação por colaboração. . .	95
Figura 17 – Arquitetura Geral do Modelo.	96
Figura 18 – Relação entre o perfil das disciplinas e os dispositivos pedagógicos para disciplinas para educação para a inovação por colaboração. . . .	98

Figura 19 – Síntese do Processo de Ajuste de Dispositivos Pedagógicos. As letras P e R representam as Perguntas e Respostas feitas no início da Medição Qualitativa da Aprendizagem Ativa. . .	104
Figura 20 – Arquitetura inicial do curso Introdução à Engenharia utilizando o método de aprendizagem baseado em projetos	107
Figura 21 – Diagrama resultante dos indicadores no final do primeiro semestre de 2015.	110
Figura 22 – Evolução dos principais dispositivos pedagógicos.	112
Figura 23 – Evolução do Layout do Laboratório. No início de 2015, o Layout é linear e, no final deste ano, o Layout é radial com células de trabalho. . .	114
Figura 24 – Estrutura Básica da disciplina de Introdução à Engenharia no Primeiro Semestre de 2017. Aprendizagem Baseada em Problemas adaptada ao desenvolvimento de inovação de habilidades.	116
Figura 25 – Propostas de problemas não estruturados aprovadas pelas equipes na disciplina de Introdução à Engenharia.	117
Figura 26 – Evolução da disciplina Introdução à Engenharia entre o primeiro semestre de 2015 e o segundo semestre de 2017 utilizando a estrutura de referência para o desenvolvimento de competências para a inovação por colaboração. .	118

Figura 27 – Porcentagem de respostas dos alunos ingressantes referentes a quatro aspectos da organização metodológica da disciplina. As respostas variam entre 0 (discorda totalmente) e 10 (concorda totalmente).	131
Figura 28 – Resumo das respostas com dez e dez mais cinco ao longo do tempo. A curva do gráfico representa a média ao longo dos três semestres para respostas com dez e a soma de dez mais cinco.	132
Figura 29 – Porcentagem de respostas dos alunos ingressantes referentes a criatividade e a interação com o docente. As respostas variam entre 0 (discorda totalmente) e 10 (concorda totalmente).	133
Figura 30 – Resumo das respostas referentes à criatividade e a interação com o docente. A curva do gráfico representa a média ao longo dos três semestres para respostas com concordância total e os que não concordam.	134

Lista de abreviaturas e siglas

IEB	International Employer Barometer
CNE/CES	Conselho Nacional de Educação/ Câmara de Educação Superior
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
ENADE	Exame Nacional de Desempenho de Estudantes
DPN	Desenvolvimento de Produtos Novos
SECI	Socialização, Externalização, Combinação e Internacionalização
CTS	Ciência Tecnologia e Sociedade
ABP	Aprendizagem Baseada em Problemas
ABPj	Aprendizagem Baseada em Projetos
IQAAIC	Indicadores Qualitativos da Aprendizagem Ativa para a Inovação por Colaboração
ICD	Indicadores Chave de Desempenho
KPI	Key Performance Indicators
DP	Dispositivos Pedagógicos
RP	Reuniões Pedagógicas
PAAIC	Processo de Aprendizagem Ativa para a Inovação por Colaboração
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
DAELE	Departamento de Engenharia Elétrica
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Sumário

I	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	23
1	INTRODUÇÃO	25
1.1	Apresentação	25
1.2	O engenheiro inovador é necessário?	25
1.3	Os métodos atuais dão suporte para o engenheiro inovador?	32
1.4	Aspectos legais da educação em engenharia no Brasil	38
1.5	Objetivos do trabalho	41
1.5.1	Objetivo Geral	42
1.5.2	Objetivos Específicos	42
1.6	Metodologia de Pesquisa utilizado	43
1.7	Organização do documento	43
II	INOVAÇÃO E EDUCAÇÃO - ESTADO DA ARTE	45
2	INOVAÇÃO NA INDÚSTRIA DE BENS E SERVIÇOS	47
2.1	Aspectos da inovação	48
2.2	Pensamento inovador no setor produtivo	50
2.3	Competências e modelos para desenvolver a inovação	53
2.3.1	Competências Básicas	53

2.3.2	Modelos de desenvolvimento da inovação no setor produtivo	56
2.4	Análise dos modelos usados para a inovação no setor produtivo	62
2.5	Aspectos da inovação e recorte metodológico do trabalho	64
3	EDUCAR PARA A INOVAÇÃO	69
3.1	Ciência, Tecnologia e Sociedade	69
3.2	Educação para a inovação colaborativa	72
3.3	Aspectos gerais da ABP e ABPj	75
3.4	Análise do estado da arte da educação para inovar	77
III	CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO DE PESQUISA	81
4	ESTRUTURA DE REFERÊNCIA PARA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA PARA INOVAÇÃO POR COLABORAÇÃO	83
4.1	<i>Framework</i> Teórico Metodológico	83
4.2	Premissas do modelo	87
4.3	Indicadores qualitativos para a estrutura de referência	88
4.4	Dispositivos Pedagógicos da estrutura de referência	91
4.5	Arquitetura das disciplinas para inovação por colaboração	95
4.5.1	Estrutura Geral do Modelo	95
4.5.2	Perfil Básico	98

4.5.3	Perfil Intermediário	98
4.5.4	Perfil Avançado	99
4.6	Aspectos operacionais das disciplinas usando a estrutura de referência	99
4.6.1	Processo de Refinamento de Dispositivos Pedagógicos	100
4.6.1.1	Medição Qualitativa da Aprendizagem usando IQAaic 101	101
4.6.1.2	Reuniões Pedagógicas	102
4.6.1.3	Implementação de Novos Dispositivos Pedagógicos	103
5	RESULTADOS E ANÁLISES DE RESULTADOS	105
5.1	Estudo de caso - Disciplina com Perfil Básico - Curso de Introdução à Engenharia	105
5.1.1	Condições iniciais	106
5.1.2	Medição Qualitativa da Aprendizagem - primeiro semestre de 2015	106
5.1.3	Reuniões Pedagógicas - Primeiro Semestre de 2015	110
5.1.4	Implementação de Novos Dispositivos Pedagógicos - Primeiro Semestre de 2015	111
5.1.5	Evolução dos resultados obtidos	112
5.2	Estudo de caso - Disciplinas com Perfil Intermediário - Projeto Integrador	118
5.2.1	Condições Iniciais - Projeto Integrador	119
5.2.2	Medição Qualitativa da Aprendizagem - segundo semestre de 2017 - Projeto Integrador	119
5.2.3	Reuniões Pedagógicas - primeiro semestre de 2017 - Projeto Integrador	121
5.2.4	Implementação de Novos Dispositivos Pedagógicos - primeiro semestre de 2018 - Projeto Integrador	124

5.3	Análise dos resultados	129
5.3.1	Percepções dos estudantes e docentes - Introdução à Engenharia	130
5.3.2	Análise dos Estudos de Caso	136
6	CONCLUSÕES	139
	REFERÊNCIAS	149

Parte I

Definição do problema

1 Introdução

1.1 Apresentação

Este capítulo caracteriza o problema da tese apresentando evidências da necessidade de um profissional inovador de engenharia no mercado de trabalho, destacando que o desenvolvimento de competências atitudinais está relacionado ao desenvolvimento da inovação. Em seguida são apresentados quais métodos são utilizados para a formação do engenheiro, discutindo as vantagens e desvantagens das abordagens tradicionais e das propostas de novas estratégias de educação. A partir deste contexto tem-se que o desenvolvimento da inovação por colaboração se apresenta como uma alternativa relevante para atender as demandas de mercado de trabalho e da sociedade. Na sequência são descritos alguns aspectos legais que promovem as mudanças destas práticas e em seguida é descrita uma conjectura de que a criatividade é um aspecto relevante na formação ativa do estudante de engenharia, dado que a solução de problemas requer que os pensamentos dedutivo e indutivo sejam desenvolvidos de forma equilibrada. Complementado a caracterização do problema deste trabalho são apresentados os objetivos e a organização deste do trabalho.

1.2 O engenheiro inovador é necessário?

A necessidade de engenheiros inovadores é uma questão colocada amplamente desde o final da década de 60 (SIMONE,

1968), quando as perspectivas da educação naquela época já não favoreciam a construção de um ambiente para a criatividade. No entanto, também são colocadas questões relevantes sobre quais valores estariam emergindo na sociedade e como poderiam estar articuladas as universidades, as empresas e o governo para encontrar soluções para os dilemas sociais para um futuro próximo.

Os fenômenos da globalização da comunicação (BLOCK, 2004; ERIKSEN, 2010; MAYER-SCHÖNBERGER; HURLEY, 2000) e da economia (RODRIK, 2013; SIMMONS; ELKINS, 2004) trouxeram novos paradigmas tanto para a engenharia quanto para outras áreas do conhecimento.

Na engenharia, enquanto as sólidas habilidades técnicas continuam sendo a base do trabalho de um engenheiro, surge uma grande demanda pelo desenvolvimento de habilidades e competências, tais como, a capacidade de comunicação, a criatividade, o espírito empreendedor, o trabalho em equipe, a compreensão dos negócios em um contexto global e essencialmente a capacidade de apreciar outras culturas para compreender as demandas e as diversidades culturais (SILVEIRA, 2005; RAJALA, 2012). Assim, os grandes desafios da engenharia na atualidade requerem o desenvolvimento de um leque de habilidades e competências técnicas, científicas e atitudinais que permitam criar soluções inovadoras para ambientes complexos e incertos (HISSEY, 2000).

A partir de um levantamento com 233 empresas britânicas, que representam aproximadamente a capacidade de absorver 750 mil empregados, o International Employer Barometer, IEB, organizou uma lista das dez competências e habilidades mais importantes usadas por estas empresas ao recrutar recém formados

de uma forma geral, das quais tem-se: (ARCHER; DAVISON, 2008):

- Habilidades de comunicação;
- Habilidades de trabalho em equipe;
- Integridade;
- Habilidade intelectual;
- Confiança;
- Caráter e personalidade;
- Planejamento e habilidades organizacionais;
- Habilidades para boa escrita;
- Habilidades boas com números;
- Habilidades de análise e tomada de decisão.

Dessa análise, a partir da perspectiva corporativa, 86% dos empregadores consideram a boa comunicação como a competência mais importante, o que implica que a capacidade de trabalhar em grupo é tão importante, ou mais, do que os conhecimentos específicos (ARCHER; DAVISON, 2008). Nessa mesma pesquisa, com relação aos empregadores internacionais, 65% destes afirmam que a experiência profissional no exterior aumenta a empregabilidade.

Desta forma, a globalização da comunicação e da economia tem reflexos significativos nas estruturas de produção, distribuição e comercialização de produtos industrializados. Muitos

produtos são rapidamente produzidos e distribuídos com seus preços e qualidades em uma grande gama de opções, fazendo com que as cadeias produtivas e comerciais de pequenos e grandes centros urbanos sejam impulsionadas a se tornarem cada vez mais dinâmicas e criativas. Assim, a inovação passou a ser uma questão de sobrevivência para grande parte das empresas nos setores secundários (transformação) e terciários (serviços) da economia.

Neste contexto, as sociedades industrializadas contemporâneas apresentam um crescente uso das tecnologias digitais para a gestão de processos em diversas áreas estratégicas para o seu desenvolvimento. Uma grande quantidade de informação é gerada e acumulada rapidamente e, com isso, gerenciar o uso dessa informação tem como grande desafio o aperfeiçoamento da transformação da informação em produtividade. Neste caso, o paradigma da gestão da informação se alinha ao pensamento da inovação, ou seja, o conhecimento precisa ser atualizado de maneira contínua (NONAKA; TOYAMA; HIRATA, 2011).

A automação em diversos setores da economia é resultado dessa tendência pela inovação, como por exemplo, o banco eletrônico (*internet banking*) e o comércio eletrônico (*ecommerce*). Nestes exemplos, a substituição dos pontos de atendimento por sistemas automáticos trouxe novas realidades, das quais duas delas afetam diretamente a organização do trabalho: a redução de postos de trabalho para os atendimentos por pessoas e a criação de postos de trabalho para a concepção, ou o aperfeiçoamento, desses sistemas automáticos (LEVY; MURNANE, 2013).

Desta maneira, se por um lado, o posto de trabalho que se cria a partir do uso intensivo das tecnologias digitais é um

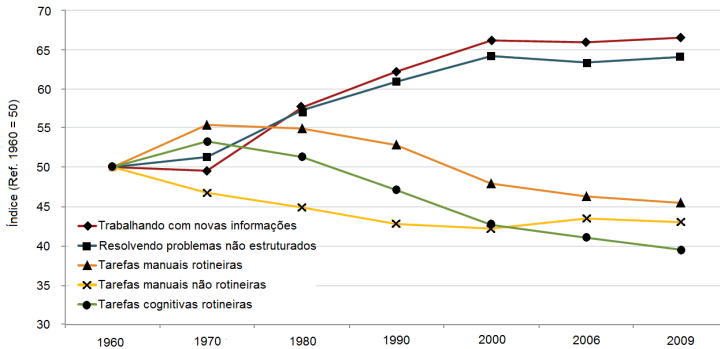
aspecto positivo, por outro lado, o posto de trabalho eliminado pode ser considerado um aspecto negativo. Contudo uma análise mais detalhada de cada caso foge do escopo deste trabalho, mas sem dúvida, nas duas situações, o que se percebe é que à medida que se descobrem funções humanas que podem ser substituídas por sistemas automáticos, esta substituição é uma questão de tempo. E este tempo pode ser medido pela cultura como determinada sociedade industrializada organiza suas estratégias de governo (WEF, 2015). Neste caso, também é notória a necessidade de incluir na discussão da inovação na engenharia elementos norteadores para buscar simultaneamente o desenvolvimento e a sustentabilidade social desse desenvolvimento.

Barbieri et al. (2010) sustentam que um modelo de inovação deve estar associado à sustentabilidade considerando pelo menos três dimensões para essa sustentabilidade: social, ambiental e econômica.

Na Figura 1 esta representada essa tendência, na qual as atividades que envolvem novas informações e problemas não estruturados, vêm ganhando espaço na economia americana.

Nesta análise longitudinal sobre as mudanças nos tipos de tarefas realizadas na economia americana entre 1960 e 2009 (AUTOR; LEVY; MURNANE, 2003; LEVY; MURNANE, 2013), observa-se dois aspectos que traduzem a tendência descrita sobre as ocupações. A primeira é a confirmação da redução de atividades manuais e rotineiras, conforme descrito para as atividades relacionadas ao intensivo uso das tecnologias digitais. A segunda é o aumento das atividades para a solução de problemas não estruturados e das atividades que exigem o reconhecimento de novas informações (LEVY; MURNANE, 2013).

Figura 1 – Índice de mudança de atividades no trabalho na economia americana entre 1960 e 2009.



Fonte: baseado em (AUTOR; LEVY; MURNANE, 2003; LEVY; MURNANE, 2013)

No Brasil, [Loural e Rossi \(2009\)](#) apresentam uma perspectiva para o caso das telecomunicações, no qual se observa uma evolução do ambiente de trabalho mais dinâmico e com uma infinidade de atores e inúmeros modelos de negócio. Ou seja, o engenheiro também precisará de atributos profissionais que vejam o usuário como o foco da tecnologia (buscando um viés na usabilidade), e além disso, projetando um cenário futuro no qual esta tecnologia se desenvolva na convergência (voz e dados, redes fixa e móvel). Para isso, é necessário possuir habilidades e competências de organização e gestão, para trabalhar com sistemas complexos que sejam interoperáveis, sensíveis ao contexto, autônomos e capazes de buscar e recuperar criteriosamente informações ([LOURAL; ROSSI, 2009](#)).

Em uma análise mais abrangente [Dowbor \(2007\)](#) aborda a inovação como uma necessidade de múltiplas facetas, onde cada uma delas deve trabalhar para buscar a diminuição das desigual-

dades econômicas e a destruição ambiental, considerando que o mundo corporativo está gerando muito mais do que pobreza para quase dois terços da população mundial, pois está diminuindo a capacidade de se apropriar do seu desenvolvimento.

Desta forma, pode-se observar que existe uma grande demanda pelo desenvolvimento tanto de competências técnicas quanto de competências atitudinais, sendo que as competências atitudinais tem para a inovação, na formação do engenheiro, uma ação estratégica para a manutenção das empresas competitivas no futuro e para o desenvolvimento de uma sociedade mais consciente nesse futuro. Outro elemento importante que se pode observar a partir do estudo do IEB é a necessidade de introduzir aspectos do local de trabalho no ambiente de aprendizagem nas instituições de ensino superior. Com isso, reforçando a utilização de metodologias que permitam essa aproximação com o mundo trabalho sem deixar de contribuir para uma formação humanista.

Assim, algumas questões para esse contexto são bastante pertinentes: os métodos atuais de formação dão suporte para esse novo perfil de engenheiro inovador? Quais seriam os métodos mais adequados? Considerando estes questionamentos, será apresentado um panorama da educação em engenharia, mostrando os principais aspectos metodológicos e algumas perspectivas como novas estratégias de educação.

1.3 Os métodos atuais dão suporte para o engenheiro inovador?

Uma questão relevante que precisa ser colocada neste momento do trabalho é: Por que mudar a metodologia tradicional de educação baseada em aulas expositivas?

Numa tentativa de responder a esta questão pode-se inferir, a partir do contexto educacional atual, as seguintes explicações:

- porque a sociedade mudou bastante desde que esta metodologia foi concebida ([BLOCK, 2004](#); [KEELEY, 2007](#));
- porque o desempenho acadêmico caiu considerando a demanda da sociedade e das instituições ([GUEDES; CAMPOS; BRAGA, 2014](#));
- porque não monitora a capacidade de inovar e colaborar em ambientes incertos ([LEACH et al., 2012](#));
- porque o conhecimento esta sendo construído de forma fragmentada e a aprendizagem fica mais volátil ([COSENZA; GUERRA, 2011](#));
- porque o desenvolvimento da autonomia não é sistematizado ([Chincaro Bernuy, 2015](#)).

Os cursos de engenharia no início do século XXI se caracterizam por transformações nas metodologias de educação, nos currículos (para criar um futuro com maior sustentabilidade), na busca pela interdisciplinaridade (sem descuidar da

base científica) e na construção de uma área de pesquisa em educação. Nas pesquisas em educação para os cursos de engenharia se busca estabelecer em que medida os princípios e as teorias didáticas gerais podem ser aplicados no contexto da aprendizagem, promovendo novos conceitos teóricos para compreensão dos novos paradigmas de aprendizagem e técnicas (BOKOVA, 2010).

Neste contexto, as práticas pedagógicas que se destacam são as centradas no professor e as práticas centradas no estudante, também conhecidas como práticas passivas e ativas, respectivamente.

Apesar da aula centrada no professor (também conhecida como aula expositiva, que caracteriza a sala de aula tradicional) estar deixando de ser a metodologia dominante para o desenvolvimento de habilidades e competências técnicas, esta metodologia continuará sendo empregada nos cursos de engenharia por muito tempo. A principal razão para este fato está nas funções que ela realiza no processo de formação e também pela dificuldade que as instituições de formação têm com relação às mudanças de *status quo* social e hierárquico adquiridas culturalmente. Entre as funções mais importantes da aula tradicional tem-se (BRAGA, 2014):

- estabelecer a visão de conjunto sobre determinado tema;
- apresentar informações novas e relevantes;
- elucidar um ponto de vista ou uma nova forma de raciocínio ou compreensão de determinada situação;
- sugerir questões investigativas e provocativas;

- demonstrar, a partir da experiência pessoal, como se deu a construção do conhecimento naquele ponto;
- mostrar a aplicabilidade de determinado conhecimento.

Neste contexto, observa-se que as instruções centradas no professor traduzem o significado de que o professor controla o que é ensinado, quando e em que condições dentro de sua sala de aula (CUBAN, 1984). Além disso, para as instruções centradas no professor tem-se que:

- o tempo de conversação do professor excede o tempo de conversação do aluno durante a instrução;
- a instrução é frequentemente dada para toda a classe e pequenos grupos de instrução ocorrem com pouca frequência;
- o uso do tempo da aula é determinado pelo professor;
- a sala de aula é geralmente organizada em fileiras de mesas e cadeira de frente para o quadro negro, onde tem uma mesa para o professor.

É inegável a importância da aula tradicional, pois por meio desta metodologia foi possível obter grande parte dos avanços em todas as áreas do conhecimento, e certamente deverá contribuir para suprir parcialmente as demandas geradas pela expansão dos centros urbanos, tais como por exemplo, geração, transmissão e distribuição de energia, controle de dejetos urbanos, habitação em grandes cidades, transporte urbano e tantos outros.

Entretanto, apesar de sua relevante contribuição, a aula expositiva é uma abordagem incompleta. A característica dominante é desenvolver a compreensão e o conhecimento de informações. De maneira secundária, a aula expositiva desenvolve as competências atitudinais, tais como a de avaliar, sintetizar, analisar e aplicar, que são muito importantes para o desenvolvimento de habilidades necessárias para engenheiro do século XXI (FROYD; WANKAT; SMITH, 2012; RAJALA, 2012).

Desta forma, durante as aulas expositivas, ficam em segundo plano o desenvolvimento de habilidades importantes, tais como, por exemplo, identificar metas, planejar o uso de recursos, coordenar ações planejadas dentro das metas e, principalmente, buscar assertivamente o equilíbrio social-econômico-ambiental. Entre as competências e as habilidades socioemocionais, que são pouco desenvolvidas nas aulas expositivas, também tem-se a colaboração, empatia, liderança, relacionamento, criatividade, altruísmo, tomada de decisão, autojuízo crítico e ética (BRAGA, 2014).

De forma distinta à instrução centrada no professor, a instrução centrada nos estudantes significa que estes exercem substancialmente a direção e a responsabilidade com o que é ensinado, como se aprende e qualquer dinâmica na sala de aula (CUBAN, 1984).

Apesar da dicotomia pedagógica, entre a instrução centrada no professor e no estudante, transitar entre a formação para o grupo e o indivíduo, respectivamente, existem uma gama de propostas intermediárias que são, ou podem se tornar, objetos de pesquisa na educação em engenharia, tais como:

- Personalização na Educação: O estudante organiza, executa e modifica o seu processo educacional com auxílio do professor (Helen Sanderson Associates, 2013; IZMESTIEV, 2012; RALPHS; SMITH, 2016);
- Aprendendo a aprender: O estudante aprende a ensinar a si mesmo (OAKLEY; SEJNOWSKI, 2016; WINTERS, 2013; WIRTH; PERKINS, 2002);
- Aprendizagem Orientada ao Processo: O estudante deve compreender a aprendizagem como um processo (CLEGG, 2007; COHEN, 2004; De Corte; VERSCHAFFEL, 1986; De Corte; VERSCHAFFEL; MASUI, 2004; KUSSMAUL, 2014; NOLL; SCACCHI, 2001; TEN CATE et al., 2004; VERMUNT, 1998);
- Estilo de Aprendizagem Individual: O estilo de aprendizagem do estudante determina um estilo didático (FELDER; FELDER; DIETZ, 2002; FELDER; SILVERMAN, 1988; GRAF et al., 2007);
- Aprendizagem por Pares: O estudante desenvolve melhor a compreensão de conceitos e a capacidade de resolver problemas quantitativos por meio ciclos de desafios e troca de informações com os pares (MAZUR, 2015; CROUCH; MAZUR, 2001; CRAWLEY et al., 2007);
- Analítica, Big Data e Aprendizagem Adaptativa: A coleta e análise de uma quantidade grande de dados permite compreender e adaptar a aprendizagem do estudante (BRUSILOVSKY, 2003; RIGBY, 2016; SHUM, 2012);
- Mobile Learning: A construção de interfaces acessíveis precisa ser significativa e acompanhada de estratégias de ges-

tão do ensino (AL-ZOUBI; JESCHKE; PFEIFFER, 2010; RYOKAI; AGOGINO; OEHLBERG, 2012; VATE-U-LAN, 2008);

- Tutor Virtual: A orientação à distância ao estudante precisa ser estruturada para facilitar a aprendizagem (AZEVEDO et al., 2008; CHEN; LEE; CHEN, 2005; CHEN; LIU; CHANG, 2006; WOLTERING et al., 2009);
- Game-Based Learning: Os conteúdos podem ser organizados para promoverem a curiosidade e a superação de forma gradual e direcionada (COLLER; SCOTT, 2009; CONNOLLY; STANSFIELD; HAINEY, 2007; EBNER; HOLZINGER, 2007; HAINEY et al., 2011);
- Realidade aumentada: A sobreposição de informações alinhadas permitem aumentar a percepção humana (ANDÚJAR; MEJIAS; MARQUEZ, 2011; KAUFMANN; DUENSER, 2007; SQUIRE; KLOPFER, 2007).

Um modelo de educação em engenharia mais eficaz seria um modelo cuja concepção pudesse contemplar o maior número de áreas de pesquisa, pois cada uma destas áreas estaria investigando aspectos singulares da formação do engenheiro descritos anteriormente.

O que se pode observar a partir deste panorama é que o estudante pode ser colocado na condição ativa em sua formação, sendo levado a tomar decisões, trabalhar em grupo e criar soluções. Contudo, para que a inovação seja desenvolvida é necessário que exista uma organização sistematizada que não descuide a compreensão de conceitos fundamentais e a noção de conjunto da solução.

A solução de problemas na educação em engenharia faz parte da maioria das estratégias que envolvem as instruções centradas no estudante. O processo de solução de problemas segue o pensamento predominantemente indutivo, contudo seu uso se dá em menor intensidade com relação ao pensamento dedutivo (FELDER; SILVERMAN, 1988). Ou seja, apesar do pensamento natural ser indutivo desde os primeiros anos de vida, na maioria das vezes a escolarização formal reforça o pensamento dedutivo de forma pragmática.

Desta forma, para desenvolver a aprendizagem ativa, ou centrada no estudante, é necessário que se potencialize a criatividade no processo educativo, porém de forma equilibrada. O excesso por um lado, ou por outro, com relação as competências cognitivas indutivas ou dedutivas, podem polarizar o comportamento e inibir o pragmatismo, ou de outra forma, a criatividade, respectivamente (NARANJO, 2015).

Contudo, existem outros aspectos da educação em engenharia que tramitam em áreas relacionadas às regulamentações deliberadas por órgãos, tais como conselhos, ministérios ou secretarias. Assim, para complementar o panorama descrito até o momento, serão apresentados os principais aspectos legais que são norteadores na educação em engenharia no Brasil.

1.4 Aspectos legais da educação em engenharia no Brasil

O marco legal das transformações da educação em engenharia no Brasil se deu após a publicação da lei de diretrizes e bases da educação nacional em 1996 (BRASIL, 1996). Contudo, somente entre 2002 e 2006 o Conselho Nacional de Educação/Câmara de Educação Superior (CNE/CES) publicou as resolu-

ções que instituíam as Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de engenharia, sendo que a resolução CNE/CES 11 de 2002 agrupou a grande maioria dos cursos de engenharia, onde são descritas quatorze habilidades e competências gerais do profissional de engenharia.

As quais são (CNE/CES, 2002):

1. aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia;
2. projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados;
3. conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos;
4. planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia;
5. identificar, formular e resolver problemas de engenharia;
6. desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas;
7. supervisionar a operação e a manutenção de sistemas;
8. avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas;
9. comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica;
10. atuar em equipes multidisciplinares;
11. compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais;

12. avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental;
13. avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia;
14. assumir a postura de permanente busca de atualização profissional.

Este conjunto de habilidades e competências precisam mobilizar conhecimentos técnicos e não técnicos simultaneamente. Portanto, já servem como referências importantes para elaborar projetos e metodologias de educação nos cursos de engenharia.

Estas competências gerais do profissional de engenharia em conjunto com os critérios de autorização e reconhecimento de cursos (DRUHAM et al., 1999), promoveram diversas reestruturas curriculares em todo o país. A flexibilidade e autonomia destes instrumentos permitiu que os projetos pedagógicos pudessem se ajustar dentro da dinâmica de cada instituição de ensino.

Outro aspecto importante que acaba sendo usado como referência na elaboração de projetos pedagógicos na engenharia são as portarias do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, INEP. Desde 2005 o INEP vem aplicando uma prova conhecida atualmente como Exame Nacional de Desempenho de Estudantes, ENADE, que impacta na avaliação dos cursos de engenharia e das instituições de ensino. Em 2014, dos onze cursos de engenharia avaliados, todos tiveram dez questões do Núcleo de Conteúdos Básicos e vinte questões do Núcleo Profissionalizante, sendo três discursivas e dezessete de múltipla escolha, envolvendo situações-problema e estudos de casos (SOARES, 2014). Desta forma, considerando que aproximadamente 57% das questões já estão orientadas para o estudo

de casos e situações-problema, então existe um grande incentivo para que as atividades acadêmicas valorizem ainda mais esta abordagem em seus cursos. Ou seja, as revisões dos projetos pedagógicos dos cursos de engenharia estão sendo significativamente motivados para incorporar ações pedagógicas que desenvolvam o estudo de casos e a solução de situações problema.

Um último aspecto relevante neste contexto, é a incorporação das atividades de extensão nos currículos de graduação conforme as metas do Plano Nacional de Educação (MEC, 2014). Mais especificamente a Meta 12, estratégia 12.7 do Plano Nacional de Educação (2014-2024) determina que os cursos de graduação devem assegurar, no mínimo, 10% (dez por cento) do total de créditos curriculares exigidos para a graduação em programas e projetos de extensão universitária, orientando sua ação, prioritariamente, para áreas de grande pertinência social. Neste caso, entre as ações possíveis para atender a estratégia 12.7, surge a demanda da criação de disciplinas extensionistas. Esta disciplinas sinalizam que os currículos deverão promover mudanças compatíveis com as Diretrizes Nacionais Curriculares para os cursos de engenharia, tanto a atual quanto a que se encontrar em fase final de aprovação. A compatibilidade que se coloca neste aspecto específico é que mais ações curriculares deverão impulsionar novas pedagogias associadas a solução de problemas da sociedade, incluindo comunidades e empresas.

1.5 Objetivos do trabalho

O trabalho se justifica pela busca em definir uma metodologia para contextualizar a fusão dos modelos usados pelo setor produtivo e as abordagens ativas de educação para o de-

envolvimento da inovação, tendo como pilar de sustentação a colaboração.

A pergunta que se formula neste trabalho é: a educação na engenharia para o desenvolvimento da inovação pode ter uma metodologia específica, de tal forma que se estabeleça uma correspondência com àquela usada para o desenvolvimento da inovação no setor produtivo?

1.5.1 Objetivo Geral

Desta maneira, pode-se estabelecer que o objetivo geral deste trabalho é:

apresentar uma metodologia de educação para auxiliar o desenvolvimento da inovação por colaboração na engenharia.

1.5.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos deste trabalho tem-se:

- desenvolver uma análise e uma síntese das metodologias associadas no setor produtivo para o desenvolvimento da inovação;
- desenvolver uma análise e uma síntese das metodologias ativas na educação em engenharia para o desenvolvimento da inovação;
- apresentar uma avaliação da estrutura de referência proposta em um curso de engenharia tradicional.

1.6 Metodologia de Pesquisa utilizado

Para o desenvolvimento deste trabalho foram aplicados seguintes métodos de pesquisa:

- exploratório: o trabalho faz exploração bibliográfica relacionada a inovação e educação ativa na engenharia;
- preditivo: o trabalho prediz que a junção do pensamento inovador praticado no sistema produtivo com a educação ativa na engenharia pode resultar em um método para desenvolver comportamentos para a inovação no estudante de engenharia;
- indutivo: os arranjos e a composição do modelo apresentado são resultados de uma combinação recursiva baseada na análise dos conceitos e métodos investigados;
- longitudinal: organização da arquitetura é resultado de ajustes decorrentes das experiências pedagógicas ao longo da formação docente do pesquisador e mais intensamente do período de doutoramento.

Com isso, neste trabalho pretende-se estruturar um modelo prescritivo adaptativo de desenvolvimento da inovação, usando três disciplinas com complexidades graduais, e baseado na colaboração na educação em engenharia, usando projetos com escopos interdisciplinares.

1.7 Organização do documento

Para alcançar os objetivos descritos o presente documento esta organizado em três partes e cinco capítulos.

Na primeira parte se desenvolve a contextualização do problema de tese e a formulação da pergunta do trabalho, que corresponde ao capítulo 1.

Na segunda parte está organizado o estado da arte da Inovação no setor produtivo e da Educação para o desenvolvimento do pensamento inovador.

Assim, o capítulo 2 apresenta como é realizado o desenvolvimento da inovação no sistema produtivo, descrevendo os referenciais teóricos que mais influenciaram na prática da inovação na indústria de bens e serviços. No final do capítulo se estabelece uma relação destas práticas com a educação em engenharia.

No capítulo 3 é apresentado o estado da arte da educação para a inovação, estabelecendo uma relação da prática da inovação no setor produtivo e a educação em engenharia.

Na terceira parte do trabalho são apresentados a metodologia proposta e os resultados deste trabalho.

Desta forma, no capítulo 4 a proposta metodológica esta organizada pelo *Framework* Teórico Metodológico, pelas premissas, indicadores qualitativos (valores), elementos e as relações entre estes elementos, desenhando um forma de arquitetura para o modelo. No capítulo 5 são apresentados os resultados da implementação do modelo e considerações relativas ao desenvolvimento do trabalho da Tese. O capítulo 6 encerra o trabalho desenvolvendo uma síntese das contribuições deste trabalho.

Parte II

Inovação e Educação - Estado da Arte

2 Inovação na Indústria de Bens e Serviços

Apesar da inovação estar atualmente em evidência, sua prática ao longo da história pela humanidade é bastante remota. Bons exemplos dessa prática são a invenção da imprensa, do dinheiro em papel moeda, da lâmpada, do telegrafo, da máquina a vapor e tantas outras inovações. Portanto, é uma característica da espécie humana bastante conhecida na história.

Entretanto, atualmente a inovação no ambiente profissional vem ganhando um destaque em função do processo de esquecimento que recebeu por parte desse ambiente, predominantemente organizado no pragmatismo. E também por causa dos sistemas de educação, que de uma forma geral, se fixaram fortemente no positivismo, consolidando um pensamento no qual o usuário não precisava se preocupar com a inovação pois esta já era uma atividade para especialistas (BROWN; ROWE, 2008; CHRISTENSEN, 1997).

A polissemia do conceito para a inovação é resultante das condições e do ambiente que se utiliza este conceito. Por isso, é importante explicitar a compreensão que foi usada para este conceito neste trabalho. Assim, será apresentada uma interpretação referente aos significados que podem ser atribuídos para a inovação, a criatividade e a imaginação, tendo como objetivo mostrar suas diferenças e os aspectos epistemológicos associados à inovação no setor produtivo e nas práticas pedagógicas usadas

para desenvolver nos estudantes as competências que circundam a educação centrada no estudante. Em seguida, serão apresentados como o pensamento inovador se desenvolve predominante na indústria e no setor de serviços, analisando importantes modelos teóricos que sustentam as práticas nesses setores.

2.1 Aspectos da inovação

Um primeiro aspecto a ser destacado é que a inovação tem uma conotação histórica que reflete o contexto e o pensamento dominante, produzindo e reproduzindo o conhecimento intelectual durante as civilizações.

Na Grécia Antiga, a inovação surgiu originalmente com uma ideia de ruptura com o que se tinha como estabelecido, e que, ao entrar no discurso filosófico, passou a formular as mudanças políticas no sentido de se estabelecer uma nova ordem que se julgava necessária. Por outro lado, na Idade Média, a doutrina protestante trouxe a inovação no contexto religioso, provocando uma ruptura condenada pelo pensamento predominantemente católico. De forma semelhante, a inovação social no contexto da Revolução Industrial, trouxe violentos confrontos de reforma social e econômica para o pensamento burguês dominante (GODIN, 2014).

Assim, desde a Idade Média a inovação manteve um estigma negativo, que durou até o século XX. A partir do contexto científico e industrial a inovação recebe uma conotação positiva marcada pelo utilitarismo econômico e pela originalidade artística. Contudo, o utilitarismo se manifestou predominantemente, mostrando limitações para promover rupturas para a reorganização do que se deseja inovar, pois a subjetividade e a

sensibilidade inerentes à originalidade artística acabaram ficando em um plano de menor atenção.

Schumpeter, em seu trabalho sobre a dinâmica da economia, desenvolvido em 1909 e publicado em 1911 (SCHUMPE-TER, 1997), aborda a inovação como um fato novo que desencadeia um ciclo de transformações, como exemplo a troca de equipamento, a quebra de monopólios e outros, que resultam, após um regime transitório, uma nova condição de equilíbrio. Ou seja, a inovação provoca novas realidades de valores de mercadorias, salários e condições de trabalho, por exemplo.

Assim, é notável que essa evolução histórica da inovação, que é acolhida ou rejeitada por grupos intelectuais, ocorre no contexto de interesses de poder e opressão. Por exemplo, os governos, que em momentos específicos da história censuravam violentamente a inovação para preservar a ordem social e econômica, em outros momentos históricos a promovem para preservar essa mesma ordem social e econômica.

Por outro lado, ao contrário da inovação, existe outro conceito conhecido como associação de ideias, que é um processo que estabelece conexões entre as informações perceptíveis e a memória. Desta forma, a memória armazena e fornece informações associadas às percepções, mas se a associação é feita de forma livre, então se cria uma condição que favorece a imaginação (SCHUNK, 2012). Ou seja, a memória armazena e envia informações que não são necessariamente originárias da percepção sensorial.

Contudo, quando paradoxalmente se estabelecem regras para criar artificialmente a condição de associação livre, então se perde a capacidade infinita de associar. Mas em contrapar-

tida ganha-se instrumentos controláveis pela razão. Esta forma de orientar a imaginação se sedimenta na construção da ciência desde o século XVIII, fortalecendo a organização fragmentada do conhecimento com o argumento de que este possa ser reproduzível (GODIN, 2014). Isto legitima a imaginação de forma positiva, porém de maneira não totalmente livre. De forma histórica se estabelecem conceitos de criatividade ligados à imaginação produtiva por meio de doutrinação da associação de ideias. Os modelos que iremos apresentar na sessão 2.3 são importantes referências para a criação artificial das condições de associação livre.

Entretanto, a partir dessa concepção surge um conflito epistemológico da inovação, que por conveniência utilitarista para promover o conhecimento, se criam definições de inovação que servem para explicar a dinâmica de geração de soluções em diversas áreas do conhecimento. Este conflito se materializa quando se relaciona elementos próximos, porém distintos, tais como relacionar imaginação com criatividade, e esta última com a inovação. Desta forma, é possível distinguir que existem diferenças entre a inovação, a criatividade e a imaginação, que têm aspectos não apenas históricos, mas também aspectos epistemológicos.

2.2 Pensamento inovador no setor produtivo

Se o resultado decorrente da solução de um problema produz impactos sociais ou econômicos, então considera-se esta solução como uma inovação (HANSEN; BIRKINSHAW, 2007). A inovação pode ser caracterizada em função de diversos aspectos, mas de uma forma geral também pode ser caracterizada quanto a sua complexidade e quanto ao seu nível de impacto, ou

benefício (PAGE; SCHIRR, 2008; BUIJS, 2003).

Assim, com relação à complexidade pode-se ter o Desenvolvimento de Produtos Novos, DPN, que corresponde em grande parte a dispositivos de menor complexidade. Por outro lado, quando a complexidade é maior, então a inovação é dita de sistemas, ou processos. Contudo, existem DPN que apresentam complexidade de sistemas, tais como sistemas embarcados que usam recursos de comunicação.

Quanto ao nível de impacto, costuma-se dividir as inovações em incrementais, quando o impacto é pequeno, e radical, quando o impacto é grande. Destacando, que o impacto que se refere aqui é com relação aos resultados diretos e indiretos da inovação (CHRISTENSEN, 1997).

A busca pela inovação se tornou uma prática comum desde que o consumo de produtos industrializados se intensificou no período pós segunda guerra mundial. A partir desse período o pensamento inovador se desenvolveu mais intensamente sobre os aspectos estéticos e conseqüentemente na concepção de tendências de imagem, que correspondem aos estágios finais do desenvolvimento das soluções. Desta forma, os resultados em sua grande maioria nessa abordagem eram inovações incrementais (BROWN; ROWE, 2008).

Concomitantemente, no período correspondente ao final do século XX, se intensifica a ideia de que o gerenciamento de conflitos, ou do contraditório, era propício para a busca de soluções criativas para problemas enigmáticos em organizações, o que Martin e Austen (1999) chamaram de pensamento integrador. Um dos aspectos mais relevantes deste pensamento é que a ambigüidade, ou a incerteza, está presente em grande parte dos

critérios de decisão, e por isso a tentativa de harmonizar interesses precisava ser enfrentado por meio de processos heurísticos, ou seja, não mensuráveis (BAZARIAN, 1985; BAZARIAN, 1986).

Dentro dessa perspectiva do pensamento integrador, os profissionais de *design* passaram a incorporar em suas práticas algumas técnicas de soluções inovadoras com as mesmas raízes, as quais Brown e Rowe (2008) as descrevem como Design Thinking. Ou seja, pensar como o Designer pensa. Na mesma perspectiva Nonaka, Toyama e Konno (2000) descrevem a prática conhecida como Processo SECI, cujas iniciais correspondem às etapas: Socialização, Externalização, Combinação e Internalização. Nestas propostas, o usuário e sua experiência com o produto (serviço ou dispositivo desenvolvido), passam a ser os dois pilares do pensamento inovador.

Entre as diversas propostas de processos de inovação que surgiram nesse contexto, o que existe em comum é que a inovação pode ser desenvolvida tanto para dispositivos como para serviços e processos, todos dinamicamente atualizados (MARTIN, 2010; NEUMEIER, 2010; VIANNA et al., 2012). Dentro dessa tendência, diversas empresas vem apoiando significativamente a disseminação do conceito de *Open Innovation* como uma estratégia de mercado mais dinâmico e colaborativo (BROWN; WYATT, 2010; CHESBROUGH, 2006). Contudo, existem questões importantes em discussão, tais como o direito autoral em um sistema considerado aberto, onde a coautoria dificilmente é definida de forma precisa. Mas por outro lado, este conceito também favorece, além da redução dos custos de desenvolvimento, a disseminação de conhecimento compartilhado.

Outro aspecto que forma a base comum destas propos-

tas é que existe uma organização em etapas cíclicas não necessariamente sequenciais, onde inicialmente se pode buscar o conhecimento do ambiente (conforme será descrito na Seção 2.3.2) para que em seguida se crie uma ideia da solução inovadora. Sendo que esta solução deve ser materializada usando protótipos, e o resultado dessa materialização precisa ser realimentado para as fases anteriores de forma aleatória (BROWN; ROWE, 2008), ou também de forma linear (BACK et al., 2008).

2.3 Competências e modelos para desenvolver a inovação

O desenvolvimento dos métodos de inovação no setor produtivo varia conforme a quantidade de subetapas que são descritas no ciclo de inovação. A seguir será apresentada uma síntese dos métodos para desenvolver a inovação, descrevendo as principais características presentes em diversas abordagens.

2.3.1 Competências Básicas

Para desenvolver o pensamento inovador algumas competências são importantes, tais como ser empático, pensar integralmente, ser otimista, ser experimentalista e ser colaborador (BROWN; ROWE, 2008). Nas Figuras 2 e 3 são apresentadas brevemente as descrições destas competências e as ações que podem ajudar a desenvolvê-las, respectivamente. Na sequência segue uma descrição mais detalhada.

Ser empático: O desenvolvimento da empatia está relacionado com a capacidade de observar, ou interpretar, as emoções dos usuários. Para isso, podem ser utilizadas técnicas de

Figura 2 – Competências para a inovação.

Competência	Descrição
Ser empático	Colocar-se no lugar do usuário que irá usar o que se pretende desenvolver. Compreender o ponto de vista do usuário
Pensar integralmente	Observar o problema como um todo, incluindo suas contradições.
Ser otimista	Buscar em condições adversas alguma que não seja.
Ser experimentalista	Construir protótipos explorando as restrições de forma criativa.
Ser Colaborador	Explorar a troca de conhecimento com outras áreas de maneira colaborativa.

Fonte: desenvolvido pelo autor e baseado em (BROWN; ROWE, 2008)

imersão, onde alguns membros da equipe de desenvolvimento participam da pesquisa de satisfação para poder captar mais fielmente as experiências que alguns usuários desenvolvem durante o uso rotineiro dos produtos desenvolvidos (PINHEIRO; ALT, 2011). Para o caso mais específico da liderança de equipes de trabalho, a empatia precisa ser desenvolvida com a perspectiva de aprender a ouvir os colaboradores com relação a suas ansiedades e expectativas (GOLEMAN, 1998).

Pensar integralmente: Pensar integralmente é uma competência que pode ser desenvolvida a partir de técnicas de organização visual usando mapas mentais (BUZAN, 2009; BUZAN, 2012), que organizam por meio de recursos gráficos as relações entre ideias sobre um determinado assunto, ou ainda por meio do desenvolvimento da intuição heurística (BAZARIAN,

Figura 3 – Ações para desenvolver competências para a inovação.

Competência	Ações para desenvolver
Ser empático	Desenvolver a inteligência emocional (GOLEMAN, 1998) e capacidade de observar emoções (PINHEIRO e ALT, 2011).
Pensar integralmente	Desenvolver a visão holística de processos (FINOCCHIO JÚNIOR, 2014).
Ser otimista	Desenvolver indicadores de qualidade (FAROOQUI e AHMED, 2009; PARMENTER, 2015).
Ser experimentalista	Desenvolver protótipos com papel (SNYDER, 2003) ou usar modelos que possam ser simulados.
Ser Colaborador	Desenvolver técnicas de colaboração (FOSTER-FISHMAN ET AL. 2001; GARMSTON E WELLMAN 2013) e comunicação.

Fonte: desenvolvido pelo autor e baseado em (BROWN; ROWE, 2008)

1986), que permite explorar informações não conscientes e sem dados suficientes. Ainda dentro desta competência, a utilização de Project Model Canvas permite a visualização global de projetos usando recursos gráficos e sintéticos (FINOCCHIO JÚNIOR, 2014).

Ser otimista: Otimismo é uma palavra bastante subjetiva mas pode ser trabalhada modificando a referência de observação de tal forma que se tenha uma condição mais favorável a superação dos obstáculos. As referências podem ser obtidas

por meio de indicadores de qualidade (FAROOQUI; AHMED, 2009; PARMENTER, 2015). Neste caso uma observação importante com relação ao otimismo é que mudar o ponto de referência não significa que houve uma mudança do problema, mas sim a forma como pode ser trabalhado (PARREIRA, 2014; FREIRE; HERRERO, 2012).

Ser experimentalista: Experimentar é uma competência que pode ser desenvolvida pela materialização do que se deseja construir, realizando parcialmente algumas funcionalidades que possam ser observadas em alguma maquete (DESIGN COUNCIL, 2005; GUNASEKARAN, 1998; SNYDER, 2003). Na construção de protótipos podem ser desenvolvidas diversas percepções que não seriam obtidas pela comunicação verbal ou projeções em telas. A capacidade de experimentar é fundamental para gerar indicadores das experiências que o futuro usuário deverá ter.

Ser Colaborador: Colaborar é sem dúvida uma das competências mais complexas a ser desenvolvida, pois depende da interação e da comunicação entre membros da equipe (FOSTER-FISHMAN et al., 2001; GARMSTON; WELLMAN, 2013). Um dos aspectos fundamentais para o desenvolvimento da colaboração é a compreensão da empatia e da consciência (NARANJO, 2015).

2.3.2 Modelos de desenvolvimento da inovação no setor produtivo

Os modelos que são usados para desenvolver a inovação não estão padronizados, apesar de existir a base comum descrita na seção 2.2. Contudo, é possível destacar dois tipos de modelos:

Figura 4 – Design Thinking por Brown e Rowe em 2008.



Fonte: (BROWN; ROWE, 2008)

pequenos ciclos e os lineares, que também podem ser usados de forma híbrida, ou combinada.

A seguir serão descritos alguns modelos usados no desenvolvimento de produtos e processos, mostrando seus detalhes conceituais e prescritivos que ajudam a sistematizar a criação de resultados inovadores.

Modelos de pequenos ciclos

Entre os principais modelos de pequenos ciclos tem-se o Design Thinking, o SECI e o Double Diamond.

O modelo Design Thinking apresentado por [Brown e Rowe \(2008\)](#) apresenta uma organização em etapas cíclicas de Inspiração, Ideação e Realização, como pode ser visto na [Figura 4](#)

A implementação desse modelo requer *feedbacks* intermediários que permitem realimentar resultados parciais de etapas de forma parcial, como por exemplo, na etapa da Realização podem existir sub etapas que estejam avaliando os requisitos da Ideação por meio de testes e modificá-los, caso seja necessário para buscar uma melhor Realização.

Na fase da sensibilização, que corresponde à Inspiração, a equipe multidisciplinar precisa sair para campo e levantar o

máximo possível de dados, ou seja, tem que conhecer o ambiente do usuário e como ele pensa. Além das restrições de tempo e recursos, a equipe precisa desenvolver uma dinâmica de contar histórias com o objetivo de enriquecer os *insgths*. Finalmente são consideradas a viabilidade, as tecnologias disponíveis e a organização de todas a informações obtidas.

Na fase de ideação a equipe multidisciplinar, usando alguma técnica de criatividade, idealiza cenários buscando o pensamento integrador. É importante que no final desta fase, além de esboçar um protótipo, também sejam feitas as comunicações necessárias para que não se trabalhe no escuro, ou seja, é fundamental a utilização de algum dispositivo de comunicação que socialize as informações e todos os membros da equipe possam acessar de forma homogênea e atualizada.

Na fase da implementação os aspectos técnicos de engenharia devem ser identificados e atendidos, e em seguida deve-se auxiliar a equipe de divulgação para preparar as estratégias de comunicação do produto em desenvolvimento.

Apesar da descrição prescritiva que foi feita dar a impressão de que as ações devem ser realizadas em sequência, não existe essa aparente ordem na hora de trabalhar. Ou seja, um certo grau de caos organizado dá significado as setas bidirecionais que são mostradas na Figura 4. Além de uma certa liberdade para o desenvolvimento dos trabalhos, as três etapas neste modelo podem ser subdivididas em subetapas em função da complexidade do que se planeja desenvolver.

Por outro lado, o modelo SECI cuja representação é mostrada na Figura 5 é baseado em quatro etapas que envolvem a transformação do conhecimento tácito em explícito de forma

Figura 5 – Processo SECI por Nonaka em 2000.



Fonte: (NONAKA; TOYAMA; KONNO, 2000)

sequencial e cíclica (NONAKA; TOYAMA; KONNO, 2000).

Neste modelo na etapa da socialização alguns membros da equipe de desenvolvimento participam de uma imersão, ou seja, participam de numa experiência como se fossem usuários em condições reais de utilização dos dispositivos ou serviços. Nesta etapa, a empatia é a palavra que melhor representa a construção de conhecimentos tácitos e individuais obtidos na vivência que o usuário potencialmente terá, e que serão posteriormente externalizados em grupo de forma explícita. Na Externalização o conhecimento se materializa nas soluções, ou métodos também, em grupos pequenos de colaboradores, que em seguida a empresa agrega institucionalmente na etapa da Combinação de maneira também explícita. A palavra Combinação indica que a disseminação da externalização possa ser reutilizada em outras instâncias da instituição, e com isso, potencializando a criatividade. Por último, na fase da internalização, antes de reiniciar o ciclo em outra experiência vivencial, o conhecimento explícito é disseminado e reorganizado de maneira tácita por cada colabo-

rador.

O processo descrito no modelo Double Diamond foi desenvolvido pela instituição Design Council e pode ser visualizada uma representação dos ciclos de convergência e divergência na Figura 6.

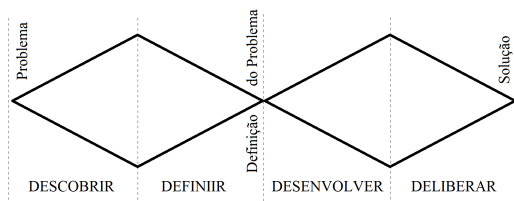
De forma semelhante ao processo SECI, seu processo é desenvolvido em quatro etapas. A primeira busca a compreensão do problema, onde são obtidas todas as informações do problema usando o pensamento divergente, ou seja, buscando uma visão mais ampla do problema (tendências das necessidades dos usuários, ou do mercado, ou ainda sobre a gestão do problema e troca de ideias com outros desenvolvedores), de forma a evitar aspectos muito específicos do problema. Em seguida é elaborado um esboço da solução buscando um alinhamento entre as necessidades dos aspectos gerais levantados e as necessidades de negócios da instituição. Neste momento o problema se encontra definido e segue a fase do desenvolvimento de um protótipo numa abordagem multidisciplinar gerenciada de forma visual. Finalmente são feitos os testes e a entrega da solução, dos quais são obtidos elementos de realimentação para o todo o processo de criação ([DESIGN COUNCIL, 2005](#); [CLUNE](#); [LOCKREY, 2014](#)).

Modelos lineares de Inovação

Entre principais modelos lineares para o desenvolvimento de inovação tem-se os modelo por departamento, por atividades e os integrados.

No primeiro cada departamento trabalha independentemente do outro. Assim, depois que cada conjunto de tarefas específicas são concluídas, então o departamento seguinte inicia

Figura 6 – Double Diamond por Design Council UK.



Fonte: (DESIGN COUNCIL, 2005)

suas atividades com os resultados destas tarefas (SAREN, 1984), de maneira semelhante a uma tradicional linha de produção.

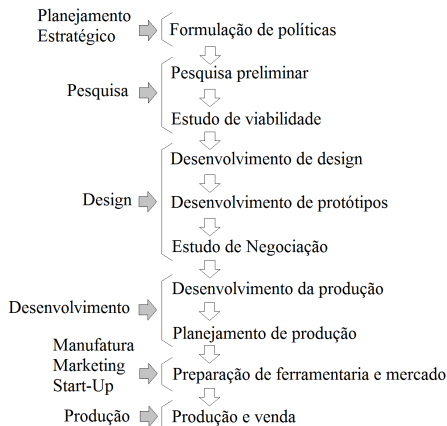
No modelo por atividades, as tarefas não são designadas aos departamentos específicos, e sim aos grupos que podem ser compostas por pessoas de departamentos diferentes (SAREN, 1984).

A maior vantagem deste modelo é a otimização dos recursos, porém o grande desafio é gerenciar o compartilhamento de recursos humanos, pois um mesmo colaborador poderá atender dois, ou mais, departamentos.

Já o modelo integrado para o desenvolvimento de novos produtos (DNP), as tarefas são organizadas com uma perspectiva mais holística, ou seja, considerando o contexto mais amplo possível (BACK et al., 2008). Na Figura 7 esta representado a distribuição da sequência de fases de desenvolvimento.

Neste modelo, as análises de marketing estão mais presentes ao longo das fases mostrando um nível de amadurecimento maior entre os modelos lineares (CHINCARO et al., 2015). O design do serviço de pós venda ganha maior ênfase, agregando um cuidado que normalmente se encontra nos modelos de pequenos

Figura 7 – Modelo linear integrado para DPN.



Fonte: (BUIJS, 2003)

ciclos.

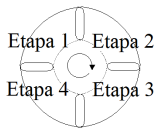
Desta forma, o início do desenvolvimento da inovação não se dá pela geração de ideias, mas sim na compatibilidade estratégica da empresa buscando um equilíbrio entre aspectos de engenharia e comercialização.

2.4 Análise dos modelos usados para a inovação no setor produtivo

Os modelos lineares, de uma forma geral, são específicos para projetos cujos escopos são complexos e os prazos de execução variam entre alguns meses a alguns anos.

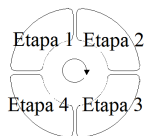
O principal desafio dos modelos lineares é custo do retrabalho, ou seja, qualquer modificação do projeto, aprovado para execução, tem um custo cada vez maior a medida que esta mu-

Figura 8 – Etapas com interseção.



Fonte: desenvolvida pelo autor

Figura 9 – Etapas sem interseção.



Fonte: desenvolvida pelo autor

dança se afasta do início das atividades. Com isso, existe um tempo limite no qual as mudanças podem inviabilizar a execução do projeto.

Tanto com relação aos modelos de pequenos ciclos quanto aos modelos lineares, as etapas podem ser organizadas sequencialmente, com interseções, ou não. Ou seja, a etapa seguinte pode ser iniciada antes do final da etapa que a precede, como pode-se notar na Figura 8 para os modelos de pequenos ciclos, ou também pode ser iniciada após o final da etapa que a precede, como mostrada na Figura 9. Neste caso, as representações correspondem aos modelos de pequenos ciclos, contudo também se aplicam aos modelos lineares apresentados anteriormente.

Os critérios para iniciar etapas antes do final das anteriores, vão além da pura economia de tempo, pois precisam ser consideradas quais são as variáveis que afetam significativamente o desenvolvimento de cada etapa, e como estas variáveis estão

relacionadas com as demais (EPPINGER et al., 1994).

Para os modelos de pequenos ciclos, estes podem ser considerados em sua grande maioria como tendo quatro fases (GAEBLER; SANTOS, 2015), apesar de existirem alguns com três fases, como por exemplo o Design Thinking (BROWN; ROWE, 2008). A razão para esta padronização pode ser justificada pela possibilidade de definir subetapas nos modelos de três etapas aproximando-os a um padrão de quatro fases.

Assim, a fase 1 e a fase 3 seriam processos divergentes e a fase 2 e 4 seriam processos convergentes. Atualmente existe uma grande quantidade de ferramentas que podem ser utilizadas para implementar os modelos de ciclos pequenos, conforme pode-se observar na Figura 10. Para as ferramentas nas quais aparecem duas fases, isto significa que podem ser gerados resultados que correspondem às respectivas fases.

Estas ferramentas são essencialmente a descrição de técnicas de ação para o desenvolvimento dessas fases. Apesar de serem distintas as descrições das fases para cada modelo, existe uma relação dessas fases com as propriedades de divergência e convergência associadas a cada uma das quatro fases padronizadas.

2.5 Aspectos da inovação e recorte metodológico do trabalho

Uma evolução que se observa no desenvolvimento das competências inovadoras no setor produtivo é que o usuário passou a ocupar um lugar de destaque, ainda que seja pouco compreendida essa relação. Com isso, apesar de existir sempre uma

Figura 10 – Ferramentas para as fases de pequenos ciclos.

Ferramenta	Fase	Fonte
Pesquisa exploratória	1	(VIANNA et al., 2012)
Pesquisa desk	1	(VIANNA et al., 2012)
Sondas culturais	1	(PINHEIRO; ALT, 2011)
Um dia na vida	1	(VIANNA et al., 2012)
Sombra	1	(VIANNA et al., 2012)
Rede de influências	1 e 3	(PINHEIRO; ALT, 2011)
Etimologia do serviço	1 e 3	(PINHEIRO; ALT, 2011)
Service usability	1 e 3	(PINHEIRO; ALT, 2011)
Critérios Norteadores	2	(VIANNA et al., 2012)
Painel semântico	2	(PINHEIRO; ALT, 2011)
Roda de arquétipos	2	(PINHEIRO; ALT, 2011)
Personas	2	(PINHEIRO; ALT, 2011)
Mapa de empatia	2	(VIANNA et al., 2012)
Mapa conceitual	2	(VIANNA et al., 2012)
Diagrama de afinidades	2 e 3	(VIANNA et al., 2012)
Matriz de Motivação	2 e 3	(TASSI, 2009)
Jornada do usuário	2 e 3	(VIANNA et al., 2012)
Ideation Sessions	3	(PINHEIRO; ALT, 2011)
Brainstorming	3	(VIANNA et al., 2012)
Workshop de cocriação	3	(VIANNA et al., 2012)
Cardápio de ideias	3	(VIANNA et al., 2012)
Matriz de posicionamento	3	(VIANNA et al., 2012)
LEGOTM Serious Play	4	(TASSI, 2009)
Protótipo em papel	4	(VIANNA et al., 2012)
Protótipo de Serviços	4	(VIANNA et al., 2012)
Mock-up	4	(TASSI, 2009)
Mágico de Oz	4	(TASSI, 2009)
Roleplay	4	(PINHEIRO; ALT, 2011)
Storyboard	4	(VIANNA et al., 2012)

Fonte: baseado em (GAEBLER; SANTOS, 2015).

relação mercantil na criação de dispositivos e processos, o setor produtivo esta sendo motivado a observar o bem estar do usuário como estratégia de sobrevivência. As primeiras fases, em todos os modelos que analisamos neste capítulo, correspondem a fase onde são feitas ações de investigação e interpretação da perspectiva dos usuários. Contudo, cabe aos gestores de desenvolvimento garantir esta aproximação.

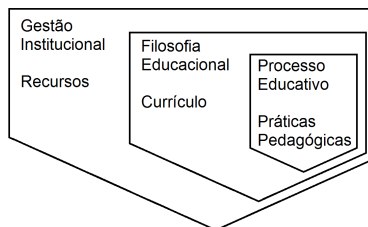
A educação deve buscar o desenvolvimento humano e por isso não pode ser comparada com o desenvolvimento de um dispositivo pelo setor produtivo, pois é uma dinâmica humana guiada por valores.

Entretanto, considerando o processo de educativo como sendo composto por vários processos socioculturais com o objetivo de promover o desenvolvimento humano (no qual o conteúdo, o estudante e o docente se relacionam reciprocamente), pode-se buscar uma incorporação adequada do pensamento inovador que se observa na indústria e na área de serviços, no qual se considera enfaticamente o usuário (MARTIN, 2010; JOHANSSON-SKÖLDBERG; WOODILLA; ÇETINKAYA, 2013).

Numa perspectiva mais ampla, pode-se visualizar o processo de educação em pelo menos três níveis: gestão institucional, filosofia educacional e processo educativo, conforme mostrado na Figura 11. E em todos eles é possível usar os conceitos de desenvolvimento da inovação desde que sejam observadas as prerrogativas dos princípios da educação e a diversidade de perspectivas que podem ser feitas as inovações (SILVEIRA, 2005; JOHANSSON-SKÖLDBERG; WOODILLA; ÇETINKAYA, 2013).

A área de estudo deste trabalho, nesse contexto, estará

Figura 11 – Níveis no processos no Sistema Educacional.



Fonte: desenvolvida pelo autor

focado no Processo Educativo em engenharia, ou seja, na construção de uma metodologia para a prática pedagógica que favoreça o desenvolvimento comportamentos para a inovação na engenharia.

Desta forma, a formação do pensamento inovador em engenharia será vista como um problema a ser solucionado em um estrutura curricular tradicional baseada em disciplinas. Contudo, existem competências e habilidades, tais como a compreensão de conhecimentos científicos básicos, que para serem trabalhadas no pensamento inovador haveria necessidade de outra estrutura curricular. Esta condição esta fora do escopo deste trabalho, apesar de existir uma tendência para grandes mudanças nesse sentido (VALLIM, 2008; LIMA; GUIMARÃES, 2012).

A seguir será apresentada uma análise da educação que incorpora a formação para a inovação, considerando o desenvolvimento da inovação no ambiente profissional, observando enfaticamente que a formação do engenheiro não poderá se limitar a este ambiente. Nessa perspectiva de interligação entre ambos aspectos (educação e ambiente profissional), são descritas algumas práticas pedagógicas que buscam o desenvolvimento de compe-

tências técnicas e atitudinais.

3 Educar para a inovação

A educação para a inovação pode ser interpretada de diferentes maneiras, considerando a diversidade social, cultural e objetivos que estão presentes em diversos contextos regionais.

Com o objetivo de definir uma interpretação para a educação para a inovação serão apresentados alguns aspectos importantes que representam uma visão contemporânea para o tema.

Com isso, serão apresentados aspectos na perspectiva da Ciência Tecnologia e Sociedade, CTS, que permitem construir uma educação inclusiva. Em seguida será apresentada a concepção de educação no contexto da inovação por meio de métodos centrados no estudante, e finalmente uma análise que sinaliza a incorporação competências para inovar no setor produtivo com estes métodos.

3.1 Ciência, Tecnologia e Sociedade

Com a transição para novos processos de manufatura no século XIX, a revolução industrial modificou diversos paradigmas sociais, econômicos e culturais. Como reflexos dessas mudanças, a educação incorporou processos de escala para atender as crescentes demandas originadas pela formação de centros urbanos, pela construção de infraestruturas e as correspondentes manutenções (MOTOYAMA, 1995). À medida que a ciência e sua epistemologia buscavam explicar a natureza, de outra forma, a tecnologia e sua epistemologia buscavam compreender artefa-

tos não existentes na natureza (TAKAHASHI, 2009).

Para o pensamento moderno, considerando a partir de Descartes e Bacon, os significados e as finalidades são criados, e não descobertos, como faziam os gregos antigos. Além disso, a partir do conceito de *thechné* surge a filosofia instrumentalista da tecnologia, que se declarava isenta de valores, pois era colocado o argumento de que os meios muitas vezes se apresentam de forma independente dos fins. Assim, a partir desta autonomia com relação aos valores, podia-se justificar que uma arma de fogo é um instrumento independente de intenções, ou seja, poderia ser usada para a defesa, mas também poderia ser usado para atacar alguém indefeso. Consequentemente, seu uso e as finalidades são estabelecidas pelos usuários da tecnologia, apesar de que na perspectiva ontológica as armas já tem finalidades associadas à violência. Contudo, apesar da tecnologia se apresentar como neutra, ou independente do seu uso, ela pode produzir valores tácitos de uma cultura de consumo de bens e serviços (FEENBERG, 2010), em detrimento do uso equilibrado de recursos e a construção de uma sociedade crítica e autônoma.

Nessa perspectiva se constroem paradigmas falhos para o desenvolvimento de tecnologias de inclusão social que relacionam Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) seguindo um padrão linear: pesquisa básica, protótipo, escala de produção e atendimento de problemas comuns com os produtos produzidos em escala. Assim, os meta-modelos de gestão pública de Pesquisa e Desenvolvimento seguem este paradigma CTS senso comum linear. Ou seja, acreditar que os espaços de pesquisa constroem soluções em ambientes acadêmicos e isolados do problema, para que em seguida sejam aplicadas as soluções protótipos, pode trazer

mais problemas do que soluções.

Os problemas decorrem de falhas conceituais do senso comum, ou seja, acreditar que a tecnologia é universal, neutra e evolui (THOMAS, 2013). Ou seja, a neutralidade, a universalidade e a evolução da tecnologia não existem, pois tecnologia é política. A tecnologia é política por que é resultado de escolhas e as escolhas tem consequências sócio políticas, pois condiciona a distribuição e utilização dos locais. Ela atende um pensamento, uma linha de raciocínio e metas. Ou seja, a tecnologia é uma forma de viabilizar uma sociedade previamente desejada.

A tecnologia gera problemas que precisam ser resolvidos cotidianamente, pois são problemas que naturalmente se inserem na sociedade e passam despercebidos. A tecnologia é uma agência política, social, econômica, pois muitas vezes o usuário da tecnologia não decide o que a tecnologia oferece, simplesmente a utiliza.

As tecnologias para inclusão social são formas de desenhar, desenvolver, implementar e gerenciar tecnologias de produto, de processo ou de organização, orientadas para resolver problemas sociais e ambientais. Com isso, se criariam condições de gerar dinâmicas sociais de inclusão e desenvolvimento sustentável (THOMAS, 2013).

Quatro pontos comuns na definição de inclusão social:

- Igualar direitos;
- Dignificar condições de existência humana;
- Gerar novos espaços de liberdade e justiça;
- Melhorar a qualidade de vida da população.

Nessa perspectiva, as soluções tecnológicas não podem ser exclusivamente para atender problemas pontuais, e sim para atender problemas sistêmicos das comunidades com maior vulnerabilidade. As tecnologias precisam ter a escala adequada para as necessidades das comunidades. A escala pode ser grande desde que exista controle democrático com a escala maior, desta forma, propiciando o empoderamento das comunidades. Assim, a produção de conhecimento precisa ser construída por atores heterogêneos em todas as fases de inovação, pois desta forma, tem-se as sociedades que aprendem. Aprender com as experiências que podem ser usadas como referências ([THOMAS, 2013](#)).

Desta forma, a colaboração representa o elo de ligação entre a perspectiva CTS para as finalidades da tecnologia e uma educação inclusiva, cujo paradigma seja considerar a complexidade social no escopo dos problemas tecnológicos.

3.2 Educação para a inovação colaborativa

O conceito de educação tem diversas definições que vem sendo usadas ao longo da história e, por isso, dificilmente haverá um consenso nesse aspecto. Contudo, parece ser muito prudente considerar uma definição que possa nutrir uma consciência global ([CARLSSON-PAIGE; LANTIERI, 2005](#)). Com isso, neste trabalho, a educação será considerado como sendo um processo de desenvolvimento que promova a consciência do estudante para atingir objetivos explícitos envolvendo o ambiente a ser explorado e as interações desse ambiente com os indivíduos e os objetos contidos nesse ambiente ([MILLER, 1998](#); [STERLING, 2010](#)).

Assim, um ambiente educativo corresponde à qualquer espaço no qual ocorra algum tipo de aprendizagem. Como exem-

plos destes espaços tem-se as salas de aulas, os espaços comunitários dos centros urbanos, ou da periferia, os departamentos de empresas, os laboratórios de pesquisa, ou ainda, as indústrias de diversas áreas de atuação. Ou seja, existe uma infinidade de locais que podem ser usados como ambientes de aprendizagem na engenharia.

Os indivíduos nesses ambientes correspondem as pessoas que buscam desenvolver seu conhecimento partindo de um determinado nível de compreensão do mesmo, ou seja, deve-se considerar o nível de conhecimento prévio pois é a partir deste conhecimento que a educação é desenvolvida. Para exemplificar os indivíduos neste caso, tem-se os estudantes, os professores, os orientadores, os técnicos administrativos, os gestores educacionais, os tutores e a comunidade externa à instituição de educação (todos estes indivíduos com seus respectivos conhecimentos já adquiridos).

Os objetos nos ambientes educativos correspondem aos conteúdos e aos instrumentos que se utilizam nos espaços de aprendizagem de tal forma que auxiliem no desenvolvimento do conhecimento técnico e atitudinal dos indivíduos. Entende-se aqui a palavra instrumento como todos os recursos metodológicos (métodos ativos, passivos e híbridos) e físicos (bancadas, kits, roteiros, *softwares* educativos, livros, apostilas e outros).

Nessa perspectiva, a educação para a inovação pode ser compreendida como a aplicação de métodos próprios de forma a promover o desenvolvimento humano assegurando o crescimento das capacidades criativas e atendendo critérios ideológicos previamente definidos (MELLES; HOWARD; THOMPSON-WHITESIDE, 2012).

De acordo com [Dym et al. \(2005\)](#), a educação em engenharia pode ser caracterizada por duas dinâmicas opostas. Uma de convergência, baseada no raciocínio matemático e científico, e outra de divergência, baseada na incerteza do conhecimento, ou seja, os conceitos não são necessariamente verificáveis, pois durante a formação dos estudantes existe sempre o reconhecimento parcial do conhecimento ([DYM et al., 2005](#)). Com isso, pode-se conjecturar que os modelos de inovação com pequenos ciclos, como por exemplo, Design Thinking, Processo SECI e Double Diamond, também podem ser adaptados para os processos educativos na engenharia. Por exemplo, dispositivos pouco comuns na educação em engenharia podem ser adaptados para a avaliação, tais como observação de atividades, portfólios e avaliações externas ([DOPPELT, 2009](#); [LIMA; GUIMARÃES, 2012](#)).

As estratégias de aprendizagem que visam desenvolver a inovação podem ser observadas em diversas áreas de pesquisa, tais como as que foram mostradas na seção 1.3. Estas áreas abrigam uma diversidade de abordagens, entretanto podemos destacar duas: a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) e a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj) ([GRAAFF; KOLMOS, 2007](#)). Os princípios teóricos que desenvolvem em um grau mais significativo estas abordagens são os princípios da aprendizagem e da prática ([KOLMOS, 2004](#)), e que são exploradas neste trabalho por abordarem aspectos específicos para a educação em engenharia, conforme descrição a ser mostrada no final da seção 3.3.

Em seguida são descritas as principais características da ABP e da ABPj para explicitar os princípios teóricos utilizados nessas abordagens.

3.3 Aspectos gerais da ABP e ABPj

A aprendizagem na ABP e ABPj requer a formulação de um problema. Para a ABP este problema pode ser da realidade, ou também pode ser apenas hipotético. Pode ser encontrado pelo próprio estudante dentro de um tema gerador (assunto específico que é comum aos grupos de trabalho) definido previamente. Já no ABPj os professores elaboram os estudos que organizem um ponto de partida para os estudantes (GRAAFF; KOLMOS, 2007).

Contudo, a definição do problema em si representa o início do processo de aprendizagem, e deve considerar enfaticamente o contexto no qual o problema é apresentado.

Originalmente a ABP, apresentada por Barrows (1996) na década de 80, foi desenvolvida com o foco na educação em medicina. Em seguida encontrou espaço em outras áreas da saúde e também nas engenharias. Seus princípios teóricos originalmente estavam em que:

- a aprendizagem precisa estar centrada no estudante;
- a aprendizagem ocorre em pequenos grupos de estudantes;
- o professor é um facilitador, ou guia;
- a apresentação de um problema ajuda na concentração e motivação;
- os problemas potencializam o desenvolvimento de competências para a solução de problemas clínicos;
- a informação nova é adquirida por meio da autoaprendizagem.

Figura 12 – Comparação entre ABPj e ABP.

Aspectos	ABPj	ABP
Resultados	Os estudantes são solicitados a produzir um resultado na forma de um relatório ou projeto. O foco é encontrar uma solução, ou uma estratégia, para resolver um problema.	O foco é sobre um resultado não necessariamente na forma de um relatório. O foco está em problemas de gerenciamento, apesar de a solução fazer parte do processo, e não em uma solução clara e limitada.
Professor	Supervisiona o projeto, e sua ação ocorre na forma de algum tipo de ensino durante o tempo de vida do projeto.	Facilita a busca da solução. O foco está sobre os estudantes que elaboram as suas próprias necessidades de aprendizagem, após já ter coberto necessário conhecimento proposicional.
Períodos	Ocorre no final de um programa de graduação, após um determinado corpo de conhecimentos tem sido coberto.	Os próprios alunos são esperados para decidir o que é que eles precisam aprender em qualquer momento do curso.
Conteúdos	Várias áreas temáticas são reunidas em uma atividade global no final de um curso.	Os conteúdos interagem nas suas fronteiras disciplinares para que necessariamente a aprendizagem ocorra.

Fonte: desenvolvida pelo autor baseado em (GRAAFF; KOLMOS, 2007).

Por outro, lado a ABPj é orientado pela tarefa, sendo esta tarefa usualmente apresentada pelo professor. Apesar das duas abordagens serem centradas no estudantes, algumas diferenças significativas foram observadas em vários sistemas educacionais (GRAAFF; KOLMOS, 2007). Estas diferenças são apresentadas na Figura 12.

Embora existam estas diferenças em seus modelos, existem princípios de aprendizagem comuns, e que podem ser resumidos em três perspectivas: cognitiva, conteudista e social (DU; GRAAFF; KOLMOS, 2009), conforme descrito a seguir.

Cognitiva: a aprendizagem ocorre em torno do plane-

jamento e da execução da solução de um problema em um contexto limitado de tempo e recursos. Esta perspectiva é um dos princípios centrais da motivação.

Conteudista: apesar de existirem diferenças na forma de utilização dos conteúdos, existe em comum que a aprendizagem se dá de forma interdisciplinar, e esta se apoia na análise teórica dos resultados obtidos usando métodos de solução de problemas.

Social: a aprendizagem é um ato social que se desenvolve por meio do diálogo e da comunicação. Nessa perspectiva, a aprendizagem envolve a internalização dos conceitos de compartilhamento e coletividade.

Neste caso, a perspectiva social reforça que entre os princípios comuns da educação para a inovação, a colaboração é um pilar estrutural. Ou seja, o diálogo constrói as conexões entre ambiente, indivíduos e objetos de estudo, tão necessárias e suficientes para um desenvolvimento social mais equilibrado (FOSTER-FISHMAN *et al.*, 2001).

3.4 Análise do estado da arte da educação para inovar

As metodologias ativas são amplamente utilizadas para o desenvolvimento do pensamento inovador nas engenharias. Mais especificamente, as abordagens da Aprendizagem Baseadas em Problemas e em Projetos (e similares, tais como indicadas na Seção 1.3), possuem perspectivas de princípios de aprendizagem sintetizados no final da seção 3.3 (cognitiva, conteudista e social) dos quais se pode conjecturar uma relação com as competências básicas para o pensamento inovador (Figuras 2 e 3), conforme

Figura 13 – Competências para inovar x Perspectivas dos princípios de ABP e ABPj.

Competência	Síntese	Perspectiva	Síntese
Ser otimista	Interface	Cognitiva	Pensar e experimentar
Ser experimentalista	Interface	<u>Conteudista</u>	Amplio e Verdadeiro
Pensar integralmente	Amplio		
Ser empático	Interior	Social	Comunicar e Compartilhar
Ser colaborador	Interface		

Fonte: desenvolvido pelo autor

pode ser observado na Figura 13.

As colunas denominadas de Síntese nesta Figura indicam a síntese de cada competência e perspectiva colocada na comparação. A descrição da síntese das competências significam:

- Interface: a competência trata com o problema em sua interface;
- Amplio: a competência trata com o problema como um todo;
- Interior: a competência trata o problema de forma bastante próxima.

Esta conjectura mostrada na Figura 13 pode ser estabelecida pela proximidade entre as sínteses observadas. Desta forma, se estabelece uma ligação entre a inovação no sistema produtivo e a educação ativa na engenharia.

Entretanto, observa-se que as metodologias ativas não apresentam uma estratégia específica para o desenvolvimento da inovação nos estudantes. Com isso, apesar da necessidade por um engenheiro inovador observada na seção 1.2, tem-se que as práticas que mais se aproximam da formação para a inovação na engenharia são práticas que não estão organizadas sistematicamente para o desenvolvimento do pensamento inovador. Ou seja, apesar de haver vieses nesse sentido nessas práticas, não se estabelece uma organização específica para potencializar estes resultados.

Contudo, o estado da arte do desenvolvimento da educação para a inovação na engenharia desenvolveu significativos avanços ao estabelecer esta aproximação observada na Figura 13. Além disso, se estabeleceu um conjunto de conhecimentos que permitem inspirar práticas nesse sentido. Ou seja, considerando as questões locais (sociais, culturas educacionais e institucionais), não se pode copiar o que se fez em cada instituição de educação, mas pode-se estabelecer parâmetros de referência. Daí a importância de existir um modelo de referência para auxiliar na construção de estratégias de educação na engenharia para o desenvolvimento da inovação, sem ignorar que existem limitações decorrentes das estruturas curriculares baseadas em disciplinas.

A seguir será apresentada a estrutura de referência para o desenvolvimento da inovação na educação em engenharia por meio de um grupo de três disciplinas distribuídas ao longo do curso.

Parte III

Contribuições do trabalho de pesquisa

4 Estrutura de referência para educação em engenharia para inovação por colaboração

A estrutura de referência para a aprendizagem para a inovação por colaboração corresponde a uma estrutura de indicadores que podem ser usados para interpretar o objeto de estudo dentro de uma semântica de valores e dispositivos pedagógicos. O objeto de estudo é o desenvolvimento de competências para a inovação por colaboração nos estudantes de engenharia no escopo instrumental de aprendizagem ativa em um conjunto de disciplinas.

Para isso, é descrito neste capítulo o *Framework* teórico metodológico usado para a construção da estrutura de referência e em seguida são organizadas as premissas, os indicadores, os dispositivos pedagógicos e a arquitetura da proposta contendo um conjunto de disciplinas para o desenvolvimento de competências para a inovação por colaboração nos estudantes de engenharia.

4.1 *Framework* Teórico Metodológico

A aprendizagem ativa, também conhecida como educação centrada no estudante, representa uma abordagem na qual o estudante exerce significativamente a direção e a responsabilidade sobre o que será ensinado, como será a aprendizagem e qualquer outra dinâmica que pode ser desenvolvida durante a

sua formação (CUBAN, 1984).

Assim, na educação centrada no estudante tem-se que:

- o tempo de conversação do estudante em tarefas de aprendizagem é pelo menos igual, se não maior, do que o tempo de conversação do professor;
- a maior parte da instrução ocorre tanto individualmente, em grupos pequenos (de dois a seis estudantes) ou de tamanho moderado (sete a doze), em vez de toda a classe;
- os estudantes ajudam a escolher e organizar o conteúdo a ser aprendido;
- o professor permite aos estudantes que determinem, parcial ou totalmente, as regras de comportamento e às sanções em sala de aula e como elas são aplicadas;
- os materiais didáticos variados estão disponíveis na sala de aula para que os alunos possam usá-los de forma independente ou em pequenos grupos;
- a utilização destes materiais é programado pelo professor ou determinada por estudantes para, pelo menos, metade do tempo letivo disponível;
- a sala de aula é geralmente organizada de uma forma que permite que os alunos trabalhem em conjunto ou separadamente, em pequenos grupos ou em espaço de trabalho individual;
- nenhum padrão dominante existe e muito movimento de escrivaninhas, mesas e cadeiras ocorre no realinhamento mobiliário e espaço.

Estes aspectos mostram os princípios centrais deste trabalho, pois eles definem, concomitantemente com as teorias que serão apresentadas na sequência, a construção de indicadores que podem auxiliar na construção de dispositivos pedagógicos para a aprendizagem de comportamentos para a inovação por meio da colaboração.

Além dos princípios para a aprendizagem ativa, quatro teorias foram usadas como base epistemológica para orientar a construção da estrutura de referência deste trabalho: Teoria do Desenvolvimento Cognitivo, Teoria Sociocultural, Teoria Comportamental e Teoria da Autodeterminação.

As duas primeiras teorias são parte da escola construtivista (SCHUNK, 2012). A primeira trata do desenvolvimento cognitivo em quatro aspectos:

- Maturação biológica;
- Experiência com o ambiente físico;
- Experiência com o ambiente social;
- Adaptação (composto por assimilação e acomodação).

Os três primeiros aspectos são autoexplicativos e dependem do quarto aspecto para produzir um estado de equilíbrio capaz de garantir o desenvolvimento cognitivo. Para a educação em engenharia, estes aspectos são importantes para a avaliação dos ambientes de aprendizagem, dos materiais didáticos, dos recursos de comunicação e das estratégias de colaboração, por exemplo.

Por outro lado, a Teoria Sociocultural descreve o desenvolvimento cognitivo considerando as interações sociais e seus

contextos históricos. Ou seja, o desenvolvimento cognitivo depende da interação entre pessoas e o ambiente, tendo a linguagem como um instrumento dessa interação. Na educação em engenharia, esses aspectos são importantes na avaliação de recursos de comunicação e estratégias de colaboração (VIGOTSKY, 1998). O conceito de zona de desenvolvimento proximal, que estabelece o papel da mediação em sua efetividade, reforça a importância de se avaliar a comunicação e colaboração mencionada anteriormente.

A Teoria Comportamental apresenta o conceito de estímulo-resposta, sendo a resposta esperada como uma das responsáveis pelo reforço de um comportamento (SCHUNK, 2012). Dessa forma, um comportamento pode ser construído por processos de recompensa e punição, desde que estes processos aumentem a probabilidade da resposta esperada. Para o contexto da educação em engenharia, este conceito é importante para a avaliação do ambiente de aprendizagem e material de apoio didático.

Um dos aspectos tratados pela Teoria da Autodeterminação é a motivação intrínseca, ou seja, através de métodos empíricos, investiga como os recursos internos das pessoas podem estar naturalmente disponíveis para a autorregulação e desenvolvimento do bem-estar social (RYAN; DECI, 2000a; RYAN; DECI, 2000b). No ensino de engenharia existem três necessidades que são observadas nesta Teoria, que podem ser usadas para avaliar um conjunto de indicadores associados à motivação, como a contextualização do problema a ser resolvido, a autonomia durante a solução do problema e a aplicabilidade da solução do problema a ser resolvido.

Por último, para a construção de Indicadores Qualita-

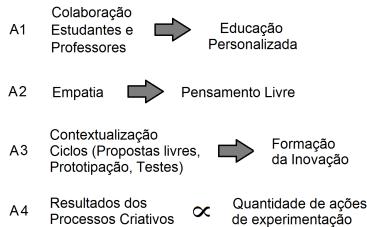
tivos da Aprendizagem Ativa para a Inovação por Colaboração, IQAAIC, foram realizados estudos sobre Indicadores Chave de Desempenho, ICD (usualmente conhecidos como KPI) (PARMENTER, 2015), de modo a estabelecer uma analogia para a aprendizagem como um Processo Qualitativo em constante melhoria. Sabendo que os KPIs correspondem a métricas quantitativas que indicam o desempenho de um processo específico, ao contrário do proposto para IQAAICs, é possível estabelecer a mesma lógica de monitoramento com variáveis qualitativas.

4.2 Premissas do modelo

Este trabalho será desenvolvido considerando as seguintes premissas esquematizadas na Figura 14:

- A1 - A educação pode ser personalizada pela interação entre os estudantes e o professor usando recursos de colaboração (NARANJO, 2015);
- A2 - O pensamento livre na solução de problemas de engenharia somente é obtida pelo desenvolvimento da empatia (HUNTER, 2004);
- A3 - formação do engenheiro para a inovação é um processo que se inicia com a contextualização do ambiente e se segue com ciclos de evolução entre a apresentação de propostas livres, criação de protótipos e seus testes (DESIGN COUNCIL, 2005; BROWN; ROWE, 2008; NONAKA; TOYAMA; KONNO, 2000) ;

Figura 14 – Premissas do modelo.



Fonte: desenvolvido pelo autor.

- A4 - O processo criativo tem resultados proporcionais à quantidade de ações de experimentação ao longo da geração da solução (BAZARIAN, 1986).

4.3 Indicadores qualitativos para a estrutura de referência

Considerando o estado arte apresentado na Parte II, o *Framework* teórico metodológico e as premissas descritas nas seções iniciais deste capítulo, são apresentados alguns indicadores qualitativos para o desenvolvimento de competências para a inovação por colaboração no contexto da aprendizagem ativa. Estes indicadores representam de forma explícita os valores que deverão ser buscados durante a execução das atividades didáticas, conforme pode-se visualizar na Figura 15.

Considera-se que é importante, neste momento, propor valores que busquem uma transição gradual para uma educação na engenharia que desenvolva uma formação integral, onde a inovação possa ser incorporada como uma cultura acadêmica e

Figura 15 Princípios do modelo.



Fonte: desenvolvido pelo autor.

a colaboração seja o motor dessa cultura.

Contudo, supõe-se que o paradoxo da autonomia de conteúdos das disciplinas precise ser respeitado durante esta transição, por diversos motivos. Entre eles, por exemplo: a formação docente teria que superar os obstáculos da comunicação entre disciplinas; haveria a necessidade de uma estrutura curricular adequada para integralizar sistematicamente as disciplinas. Assim, ao propor a modularidade, que remete para uma perspectiva de valores herméticos, também é possível sugerir que se crie uma flexibilidade interna nas disciplinas, organizando e estimulando a busca pela utilização interdisciplinar do conhecimento disponível.

Os indicadores de aprendizagem serão descritos a seguir:

Inovação: deverá promover a capacidade de organizar ações que gerem novos resultados técnicos, sociais, econômicos e ambientais de forma mais relevante possível inserindo aspectos éticos e culturais no escopo do problema (GORP; POEL, 2001). A inovação não é apenas a criação de artefatos ou processos, e sim o cuidado para que sejam úteis para a sociedade no contexto de preservação e equilíbrio (MORIARTY, 2001).

Empatia: deverá promover a capacidade de trocar experiências empaticamente. A troca essencialmente se estabelece pela comunicação entre as pessoas (estudantes, professores, monitores, comunidade envolvida) de forma que os registros das informações coletadas, das decisões adotadas e os resultados obtidos, estejam acessíveis. Esta acessibilidade de informações deve ser guiada pela empatia ([NARANJO, 2015](#)).

Usabilidade: deverá estar organizada de tal forma que o desenvolvimento do conhecimento sobre os conteúdos da disciplina sejam realizáveis para o estudante ([PINHEIRO; ALT, 2011](#)). A usabilidade corresponde a capacidade de organizar os conhecimentos de maneira que se tornem cognitivamente acessíveis para o estudante e, conseqüentemente, para todos que deseja transmitir seus conhecimentos de forma adequada às finalidades desejadas.

Interdisciplinaridade: deverá estar organizada para que os conteúdos de áreas distintas sejam correlacionados, facilitando a construção de valores tais como a integralidade. A interdisciplinaridade deve ser organizada com auxílio de especialistas dos temas que se pretende explorar em cada disciplina, mas não deve ser desenvolvida necessariamente vinculadas às disciplinas do ciclo profissional ([STONE et al., 2003](#)).

Modularidade: deverá estar organizada de forma modular de tal forma que, apesar de haver aspectos interdisciplinares sendo trabalhados na disciplina, exista uma unidade de aprendizagem independente das outras disciplinas do curso mas que funcionem como um conjunto integrado, ou seja, serão desenvolvidos conhecimentos úteis para outras disciplinas ([SAREN, 1984](#)).

Adaptabilidade: deverá permitir que algumas atividades sejam flexíveis de tal forma que cada aluno tenha condições de ajustar a maneira como utiliza os conhecimentos específicos da disciplina para obter um adequado nível de desenvolvimento de competências. Adaptar não seria sinônimo de reduzir competências, mas sim personalizar o seu desenvolvimento (GARMS-TON; WELLMAN, 2013).

Integralidade: deverá orientar a construção de uma visão ampla dos conteúdos explorados na disciplina (PASCUAL, 2010). A visão do conjunto corresponde a capacidade de identificar elementos relevantes que compõem os conteúdos e as relações relevantes que existem entre esses conteúdos. A integralidade é um dos aspectos essenciais para a construção da autonomia, pois com uma noção de conjunto é mais viável a escolha consciente de caminhos a serem adotados para os desafios a serem resolvidos pelos estudantes (BAZARIAN, 1986) .

Sustentabilidade: deverá promover a capacidade de auto regulação do que se deseja compreender e solucionar (STERLING, 2010). A sustentabilidade não é apenas preservar as condições do que se deseja compreender, mas sim, organizar a sua gestão para que não se desestabilize em função das decisões que deverão ser feitas (CARLETTO; LINSINGEN; DELIZOICOV, 2006; DOWBOR, 2007).

4.4 Dispositivos Pedagógicos da estrutura de referência

Os componentes que podem ser usados para organizar as disciplinas para o desenvolvimento de competências para a inovação por colaboração são descritos como Dispositivos Pedagógicos, DP. A seguir serão descritos brevemente estes compo-

nentes:

Tema gerador: o assunto a ser explorado deve ser amplo, no qual existe uma diversidade de problemas com o mesmo contexto específico. O tema gerador tem uma função de permitir um diálogo entre o conhecimento humano e a capacidade de transformar a realidade do contexto (FREIRE, 1987). Por exemplo, abastecimento de água em regiões metropolitanas, consumo de energia em unidades rurais, agricultura de precisão de grãos em regiões com baixo índice pluviométrico, o controle de trânsito em cruzamentos de centros urbanos e redução da perdas em campanhas de coleta de sangue. Cada um destes itens citados, e tantos outros, poderiam ser usados como contextos específicos dos projetos.

Autoconhecimento: o estudante precisa conhecer e elaborar sua compreensão sobre alguns aspectos relevantes da aprendizagem e como ele as realizada em contexto de educação (NARANJO, 2015). Por exemplo, como o estudante interpreta a concentração na leitura, a falta de significado em conteúdos, a resistência ao pensamento, o dogmatismo nos livros didáticos de engenharia e a excessiva dependência com relação ao professor. Cada um destes itens citados poderiam ser usados como aspectos da aprendizagem que o estudante poderia conhecer e reelaborar (BUZAN, 2009).

Aprofundamento: a leitura e a discussão sobre um tema gerador, usando a imersão vivencial e a discussão colaborativa. A identificação do tema não define o problema a ser resolvido. O problema a ser resolvido pelo estudante precisa ser identificado usando um processo de empatia (ouvir, observar e vivenciar) com o usuário no ambiente correspondente ao tema

gerador (BROWN; ROWE, 2008; NONAKA; TOYAMA; HIRATA, 2011). O aprofundamento pode ser tanto explorado a partir de um contexto apresentado pelo docente (VALLIM; FARINES; CURY, 2006), quanto pela descoberta de um contexto mais amplo (IDEO, 2003).

Atividades de fixação: o estudante precisa realizar atividades de fixação dos conteúdos chave no nível correspondente ao perfil da disciplina. As atividades de fixação precisam estar organizadas para reforçar a memorização de conceitos e a interpolação de contextos (WIRTH; PERKINS, 2002). Estes instrumentos podem ser desenvolvidas de forma híbrida, ou seja, presencialmente ou com o auxílio de plataformas *web* (WOLTERING et al., 2009).

Projetos curtos: o estudante deverá realizar atividades curtas que sejam realizáveis durante o horário da aula prática, portanto a complexidade precisa ser dimensionada para que possam ser realizadas a leitura do roteiro, o desenvolvimento prático e a análise da atividade (LIMA; GUIMARÃES, 2012).

Plataforma de apoio: um ambiente virtual para disseminar conteúdos, tais como textos, vídeos e outros dispositivos de aprendizagem com a função de repositório, e para mediar e controlar a colaboração na construção de soluções para os projetos (JOHNSON et al., 2016). Contudo é fundamental que sejam fortemente incentivadas a busca por diversos tipos de fontes de informação para evitar uma certa crença sem questionar o conteúdo inserido na plataforma de apoio (MASON; BOLDRIN; ARIASI, 2010).

Projetos com ciclos pequenos: o estudante precisa adquirir a sensibilidade prática desenvolvendo até dois projetos

em um semestre. O primeiro com um acompanhamento mais direcional e o segundo explorando o máximo da autonomia do estudante (BROWN; ROWE, 2008; DESIGN COUNCIL, 2005; NONAKA; TOYAMA; HIRATA, 2011).

Projetos lineares: o estudante deverá adquirir a sensibilidade prática mais complexa desenvolvendo um projeto semestral. Neste projeto mais complexo podem haver direcionamento por parte do professor como também pode ser explorada a autonomia no desenvolvimentos das fases de um projeto linear (BACK et al., 2008).

Projetos híbridos: o estudante mais maduro deverá desenvolver grande autonomia na prática de projetos combinados (ciclos pequenos e lineares). Neste tipo de projeto o estudante não deverá ser direcionado e sim cobrado sistematicamente para que mostre o desenvolvimento técnico e não técnico (ROZENFELD et al., 2006).

Gestão de Projetos: o estudante precisa utilizar um conjunto de ferramentas de gestão que explorem preferencialmente a comunicação gráfica para o desenvolvimento da solução de engenharia. A organização gráfica deverá explicitar pelo menos algumas questões estratégicas tais como: Por quê? O que? Quem? Como? Quando e Quanto? (FINOCCHIO JÚNIOR, 2014)

Avaliação processual: a avaliação deverá ser desenvolvida continuamente considerando os seguintes aspectos: pro atividade, comunicação e capacidade de síntese. As avaliações podem ser realizadas a cada conjunto de conteúdos ou fases a serem desenvolvidas nos projetos (PERRENOUD, 1999).

Figura 16 Relação entre os princípios e os dispositivos pedagógicos do modelo para disciplinas para educação para a inovação por colaboração.

Indicadores Qualitativos para a Aprendizagem Ativa para Inovação por Colaboração, IQAAC	Dispositivos Pedagógicos										
	Tema Gerador	Autoconhecimento	Aprofundamento	Atividade de fixação	Projetos curtos	Plataforma de apoio	Proj. de ciclos peq.	Projetos Lineares	Projetos Híbridos	Gestão de Projetos	Avaliação Processual
Inovação	x	x	x	x	x	x	xx	xx	xx	x	xx
Empatia	o	xx	xx	o	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
Usabilidade	x	x	xx	o	xx	x	x	x	xx	xx	xx
Interdisciplinaridade	x	o	xx	o	xx	o	x	x	xx	o	xx
Modularidade	o	o	o	xx	o	x	o	o	o	o	xx
Adaptação	o	x	o	xx	o	o	o	o	o	o	xx
Integralidade	xx	x	xx	xx	x	o	x	xx	xx	xx	xx
Sustentabilidade	x	o	o	xx	x	o	x	xx	xx	o	x

Legenda: o = sem relação definida, x = relação normal,
xx = relação profunda.

Fonte: desenvolvido pelo autor.

Desta forma pode-se visualizar uma relação entre os indicadores e os dispositivos, conforme pode ser visualizado na Tabela 16.

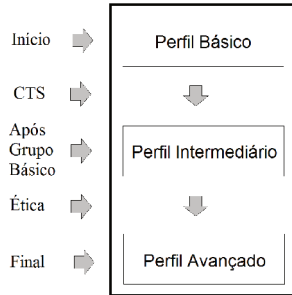
4.5 Arquitetura das disciplinas para inovação por colaboração

4.5.1 Estrutura Geral do Modelo

A arquitetura do modelo de educação deste trabalho esta organizada em três ações de intervenção em disciplinas com perfis distintos, como pode ser visto na Figura 17.

A quantidade de disciplinas foi uma escolha baseada em

Figura 17 Arquitetura Geral do Modelo.



Fonte: desenvolvido pelo autor.

dois aspectos: o exemplo da estrutura de disciplinas de *design* na Universidade Laval, em Quebec, Canadá (VALLIM, 2008); a facilidade em adaptar a proposta em cursos organizados curricularmente por disciplinas. Ou seja, grande parte dos cursos de engenharia na atualidade estão organizados desta forma, o que potencializa a aplicabilidade do modelo.

A disciplina com perfil básico deve ser realizada no início do curso. A disciplina de perfil intermediário pode ser realizada após os estudantes terem concluído boa parte dos conteúdos do grupo básico definido pela matriz curricular do curso. A disciplina avançada deve ser realizada no final do curso. A seguir será feita uma descrição mais detalhada de cada perfil.

Contudo, considerando que diversos tópicos sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade, CTS, podem ser abordados nas disciplinas nos três níveis, é muito importante uma intervenção de aprofundamento destes temas por meio de uma disciplina específica. A disciplina de CTS antes da disciplina intermediária é justificada porque nesta fase o estudante já adquiriu parte da

formação básica, que lhe ajudaria a elaborar melhor as questões de CTS. Neste caso, é bastante recomendável que a disciplina aprofunde questões controversas que estariam sendo tratadas de forma superficial na disciplina básica.

Da mesma forma, diversos tópicos relacionados à Ética na engenharia também podem ser abordados nas disciplinas em todos os níveis propostos, principalmente observando o Dispositivo Pedagógico Gestão de Projetos. Neste dispositivo, surgem boas discussões de regras que são quebradas e a relativização de valores que muitas vezes não podem ser relativizados, como confidencialidade, honestidade, solidariedade, e outros. Mas o aprofundamento desses questões, muitas vezes trabalhadas de forma superficial, precisam tratadas em uma disciplina específica. A aplicação desta disciplina se justifica no final do curso, ou um pouco antes, pois o estudante já deve ter participado de diversas situações profissionais específicas que remetem naturalmente a exploração de questões éticas de forma mais profunda e contextualizada.

A Figura 17 mostra uma sugestão da sequência que pode ser aplicada para as disciplinas de CTS e Ética na Engenharia.

Observando a Figura 16 pode-se notar o grau de relacionamento entre os indicadores e os dispositivos pedagógicos, que farão parte das disciplinas. Desta forma, se estabelecem explicitamente quais valores se desejam desenvolver em cada componente. Assim, observando a Figura 18, no qual se estabelecem as relações entre as tipos de disciplinas e os dispositivos pedagógicos, também possível observar, porém, de forma implícita, quais os valores que se pretendem desenvolver em cada disciplina. Em seguida será feita uma descrição de cada perfil de disciplina.

Figura 18 Relação entre o perfil das disciplinas e os dispositivos pedagógicos para disciplinas para educação para a inovação por colaboração.

Perfil das disciplinas	Dispositivos Pedagógicos										
	Tema Gerador	Autoconhecimento	Aprofundamento	Atividade de fixação	Projetos curtos	Plataforma de apoio	Proj. de ciclos peq.	Projetos Lineares	Projetos Híbridos	Gestão de Projetos	Avaliação Processual
Básico	xx	xx	x	xx	xx	xx	xx	x	x	x	xx
Intermediário	x	x	x	x	x	xx	x	xx	x	xx	x
Avançado	o	o	xx	o	o	x	x	x	xx	xx	x

Legenda: o = sem relação definida, x = relação normal,
 xx = relação profunda.

Fonte: desenvolvido pelo autor.

4.5.2 Perfil Básico

Nas disciplinas de perfil básico o principal objetivo é desenvolver experiências explorando os conhecimentos prévios do estudante de forma explícita e utilizando métodos de desenvolvimento de projetos de forma implícita. Nestas disciplinas os estudantes estão no primeiro semestre do curso de engenharia e naturalmente os conhecimentos prévios são resultantes da formação do ensino médio. Deverão ser desenvolvidas intensamente as capacidades de empatia e comunicação.

4.5.3 Perfil Intermediário

Nas disciplinas de perfil intermediários o principal objetivo é desenvolver o pensamento reflexivo fundamentado no contato explícito com métodos de desenvolvimento de projetos

baseado em modelos lineares, nos quais é possível utilizar mais especificamente em sistemas de engenharia. Entretanto, os modelos de ciclos pequenos também podem ser usados de maneira recursiva na geração de protótipos de teste. Esta disciplina pode ser ofertada a partir da segunda metade do curso, quando os estudantes já realizaram boa parte das disciplinas de formação básica.

4.5.4 Perfil Avançado

Nas disciplinas de perfil avançado o principal objetivo é desenvolver a capacidade de tomar decisões a partir dos conhecimentos trabalhados nas disciplinas de perfil básico e intermediário. Os métodos de desenvolvimento de projetos serão utilizados de maneira autônoma pelos estudantes, os quais deverão decidir quais métodos são mais adequados considerando as especificidades dos problemas a serem solucionados por eles.

4.6 Aspectos operacionais das disciplinas usando a estrutura de referência

Alguns requisitos devem ser observados na estrutura de referência proposta:

- R1. Deve-se criar um ambiente adequado para que os estudantes possam expressar suas criatividade de diferentes maneiras;
- R2. Deve-se garantir que os estudantes recebam o necessário para que se desenvolvam na perspectiva humanista (capacidades humanas e técnicas) e sustentável;

- R3. A instituição de ensino deve construir um banco de experimentações. Pois estes são uns dos recursos que podem favorecer o desenvolvimento da criatividade, o autoconhecimento e a consciência;
- R4. O material educativo deve levar em conta a possibilidade constante de tomar decisões;
- R5. As disciplinas precisam ter uma estrutura funcional. Definir funções e discuti-las para aprimorá-las.

A utilização da estrutura de referência deve considerar pelo menos as seguintes atividades:

- Identificar objetivos, conceitos e procedimentos da disciplina, com o objetivo de classificar o perfil (Básico, Intermediário, Avançado);
- Realizar o Diagnóstico para formar equipes por perfil de aprendizagem heterogêneo;
- Planejar intervenções considerando os Dispositivos pedagógicos pertinentes ao perfil da disciplina;
- Avaliar por meio dos indicadores, os resultados de aprendizagem ativa para a inovação por colaboração.

4.6.1 Processo de Refinamento de Dispositivos Pedagógicos

O processo de ajuste dos Dispositivos Pedagógicos é um procedimento sequencial, cuja finalidade é promover sua melhoria ao longo das edições das disciplinas. Este processo consiste em três etapas: Medição Qualitativa da Aprendizagem utilizando

IQAAIC, Reuniões Pedagógicas e Implementação de Novos Dispositivos Pedagógicos, conforme são descritas a seguir.

4.6.1.1 Medição Qualitativa da Aprendizagem usando IQAAIC

As palavras-chave que representam essa etapa são Observar e Registrar. Para ajudar a obter relatos mais neutros sugerimos perguntas que explorem como os Indicadores Qualitativos de Aprendizagem Ativa para a Inovação por Colaboração, IQAAIC, escolhidos estão presentes e qual é a relação com a aprendizagem durante as observações. Por serem informações subjetivas é fundamental que os registros sejam claros e objetivos, e evitando postergar os registros para não esquecer de observações importantes. Desta forma, as respostas podem ser obtidas a partir de uma variedade de interações, tais como, testes curtos, *feedback* do aluno ou qualquer comportamento mais significativo em geral.

Uma vez obtidos os relatórios, a relação qualitativa entre os indicadores e os dispositivos pedagógicos pode ser sistematicamente reorganizada. Ou seja, podem ser identificadas correlações distintas das que são mostradas na Figura 16. Isto significa que a estrutura de referência pode ser visualizada como um ponto de partida. A referência deve ser reconstruída ou adaptada para a cultura das equipes. O importante é que estejam presentes os valores representados pelos indicadores qualitativos. Ou seja, para as equipes de docentes que ainda não tem uma estratégia para o desenvolvimento do comportamento ativo para a inovação por colaboração, esta estrutura pode ser uma alternativa inicial importante.

4.6.1.2 Reuniões Pedagógicas

A palavra chave para esta etapa é Analisar. As Reuniões Pedagógicas, RP, são reuniões periódicas (semanais ou quinzenais) onde são considerados os resultados da etapa de mensuração qualitativa, a cultura de professores e técnicos de suporte e a infraestrutura disponível e desejada. As RPs devem usar os resultados mostrados pelos indicadores e apresentar sugestões de ajustes imediatos ou de longo prazo (próximas semanas, ou no próximo semestre) nos Dispositivos Pedagógicos.

Novos Dispositivos Pedagógicos podem ser definidos, tendo como referência os resultados de aprendizagem esperados, traduzidos pelos IQAAICs desejados. Além destas referências devem ser usadas as análises feitas nesta fase. Por outro lado, também é possível inferir novos Dispositivos Pedagógicos a partir de outros contextos (outras experiências com valores explícitos em suas origens) que forem pautados nas Reuniões Pedagógicas.

Na RP se desenvolve uma heurística intuitiva de professores e técnicos de apoio, que dificilmente pode ser estruturado ou compreendido, uma vez que é resultado da história de vida profissional e pessoal. Essa diversidade é muito favorável para que as análises sejam ricas e produtivas. No entanto, existem dificuldades decorrentes dessa diversidade, mas essa aparente fragilidade pode ser minimizada com a formação prévia de professores e técnicos de suporte.

Aqui podemos aplicar o princípio do isomorfismo pedagógico, ou seja, o raciocínio usado para encontrar soluções nas RPs deve ter um raciocínio equivalente àquele que os estudantes deverão usar dentro das reuniões das suas equipes de trabalho acadêmico. A colaboração que se pratica com os estudantes

deve ter uma colaboração correspondente entre os profissionais da educação.

4.6.1.3 Implementação de Novos Dispositivos Pedagógicos

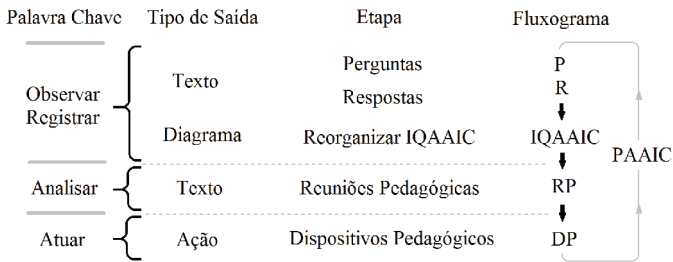
A palavra chave para esta etapa é Ação. Depois que os ajustes necessários para os Dispositivos Pedagógicos são definidos, as alterações devem ocorrer dentro das condições disponíveis. Isso significa que entre uma decisão de fazer um ajuste e fazer o ajuste existem limitações de vários tipos, como recursos limitados, tempo de finalização de ajustes e complexidade de ajustes.

É aconselhável envolver alunos que já realizaram as atividades em outros semestres, já que é possível receber um *feedback* mais específico sobre uma linguagem de comunicação mais eficaz e novas sugestões de Dispositivos Pedagógicos. A conclusão dos ajustes geralmente requer um trabalho multidisciplinar, pois normalmente surgem novos conhecimentos que precisam ser transmitidos aos professores e aos técnicos de suporte. É muito importante que haja treinamento complementar e interesse em superar a falta de conhecimento necessário para realizar os ajustes.

Novamente podemos aplicar o princípio do isomorfismo pedagógico. A forma como os estudantes executam as soluções de problemas de forma estruturada e instrumentalizada, deve ter analogia com a forma como os profissionais da educação executam e refinam os Dispositivos Pedagógicos.

Depois que as etapas forem concluídas sequencialmente, o Processo de Aprendizagem Ativa para a Inovação por Colaboração, PAAIC, ocorre naturalmente com as modificações feitas

Figura 19 Síntese do Processo de Ajuste de Dispositivos Pedagógicos. As letras P e R representam as Perguntas e Respostas feitas no início da Medição Qualitativa da Aprendizagem Ativa.



Fonte: desenvolvido pelo autor.

e uma nova etapa de Medição retoma outro ciclo que se repete continuamente. Figura 19 representaria uma síntese do procedimento sequencial.

5 Resultados e Análises de Resultados

Neste capítulo estão apresentados os resultados obtidos durante o desenvolvimento deste trabalho, apresentando um estudo de caso com a disciplina de Introdução à Engenharia, realizado durante seis semestres consecutivos, e um estudo de caso com a disciplina de Projeto Integrador, realizado por um semestre. Por último, é apresentada uma análise destes resultados, descrevendo as percepções dos participantes, aspectos positivos e principais desafios encontrados no desenvolvimento deste trabalho. Nos estudos de caso, tivemos o envolvimento de estudantes colaboradores, técnicos administrativos, docentes e o pesquisador, autor deste trabalho.

5.1 Estudo de caso - Disciplina com Perfil Básico - Curso de Introdução à Engenharia

O Estudo de Caso da abordagem apresentada foi implementado em uma abordagem disciplinar, e a disciplina escolhida foi a Introdução à Engenharia do curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Santa Catarina. Esta disciplina se enquadra na descrição relacionada ao Perfil Básico da proposta deste trabalho. A importância desta disciplina para este Estudo de Caso se deve à significativa experiência acumulada usando o aprendizado baseado em projetos desde 2000 (VALLIM; FARINES; CURY, 2006). Assim, foi possível demons-

trar que uma disciplina com bons resultados no desenvolvimento de competências técnicas e atitudinais pode se ajustar de forma sistêmica e contínua, utilizando como referência, para esses ajustes, indicadores qualitativos do processo de aprendizagem.

5.1.1 Condições iniciais

Inicialmente, em 2015, foi realizado um estudo para propor ajustes na disciplina mencionada, pois já haviam passado mais de vinte edições e poucos ajustes metodológicos foram implementados, apesar dos excelentes resultados que a disciplina teve durante esse período. A estrutura básica da disciplina compreendia três projetos (P1, P2 e P3), desenvolvidos sequencialmente, e cada projeto tinha um enunciado de problema fornecido pelos professores, como podemos ver na Figura 20.

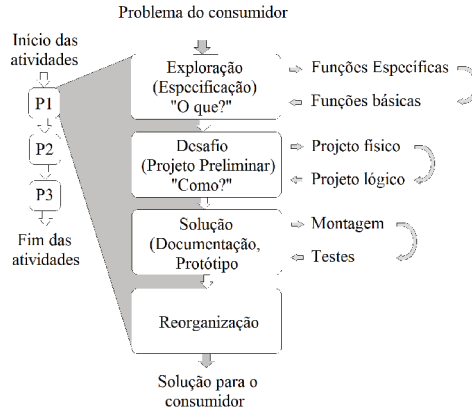
5.1.2 Medição Qualitativa da Aprendizagem - primeiro semestre de 2015

Conforme sugerido na Subseção 4.6.1.1 e observando o contexto inicial apresentado neste Estudo de Caso (Seção 5.1.1) foram escolhidos inicialmente alguns indicadores, pois neste momento inicial a equipe de docentes não mostrou a necessidade de usar todos os indicadores. Desta forma, os indicadores escolhidos foram Usabilidade, Integralidade, Adaptação e Empatia. Para realizar a medição qualitativa foram geradas sete questões objetivas contemplando os indicadores conforme a seguinte descrição:

Usabilidade

- QI1 - Ambiente de aprendizagem: como os ambientes de

Figura 20 Arquitetura inicial do curso Introdução à Engenharia utilizando o método de aprendizagem baseado em projetos



Fonte: desenvolvido pelo autor e baseado em (VALLIM; FARINES; CURY, 2006).

aprendizagem são organizados para facilitar o desenvolvimento da aprendizagem ativa?

- QI2 - Material Didático de Apoio: como os recursos didáticos desenvolveram a compreensão dos conteúdos básicos?

Integralidade

- QI3 - Contextualização do Problema: de que maneira a contextualização do problema a ser resolvido permite ao aluno estabelecer uma visão ampla onde o problema está inserido?
- QI4 - Autonomia na solução de problemas: as decisões são relevantes quando os alunos resolvem problemas?

Adaptação

- QI5 - Aplicabilidade do Problema Solução: como o problema apresentado ao aluno tem uma forte associação com problemas reais de engenharia? sua compreensão está acessível aos alunos?

Empatia

- QI6 - Recursos de Comunicação: como a comunicação entre professores e alunos ajuda a identificar dificuldades de aprendizagem?
- QI7 - Estratégias de Colaboração: Como a troca de informações entre os alunos se desenvolve durante as atividades?

A seguir, resumimos as respostas das sete perguntas referentes aos IQAAIC no primeiro semestre de 2015:

QI1 - A configuração linear das mesas de trabalho no laboratório dificulta a comunicação entre os membros da equipe. As atividades laboratoriais com um computador para quatro pessoas dificultam a participação dos alunos. A infraestrutura de desenvolvimento de soluções, composta por uma plataforma configurável LEGO Mindstorming NXT e seu configurador, apresenta uma complexidade que requer treinamento prévio para facilitar o entendimento;

QI2 - O material de apoio está em uma plataforma web, que lida com tarefas laboratoriais, não trabalha os conceitos básicos envolvidos. Os conceitos básicos são tratados apenas em aulas teóricas específicas;

QI3 - O problema apresenta-se como um desafio, favorecendo as iniciativas ativas de exploração do contexto;

QI4 - Decisões tomadas no contexto do desafio colocado pelos professores. Como as soluções do semestre anterior estão disponíveis, as decisões perdem relevância para algumas equipes;

QI5 - O modo como o enunciado apresenta o problema favorece a compreensão da aplicabilidade;

QI6 - A comunicação é feita mais rapidamente durante as atividades teóricas e de laboratório, onde dúvidas podem ser tiradas. Existe o monitor de disciplina que auxilia os alunos nas dificuldades técnicas do ambiente LEGO;

QI7 - A troca de informações entre os membros da equipe pode ser observada apenas durante as aulas práticas. Fora da sala de aula, não foi possível observar nenhum tipo de comunicação ou organização, o que dificulta a supervisão e a comunicação entre os membros da equipe.

Considerando os registros feitos em relação aos IQA-AICs, estabeleceu-se uma associação entre esses indicadores e três DPs inicialmente escolhidos: Projetos Lineares, Projetos Curtos e Tema Gerador. A escolha destes três DPs se deu por entender que estes poderiam ajudar a melhorar as observações recebidas pelos indicadores. Aqui nós temos um processo heurístico intuitivo. No entanto, a referência usada é clara e objetiva, o que ajuda significativamente o processo heurístico intuitivo. Desta forma, o diagrama resultante da medição dos indicadores representado na Figura 21, mostra as células com fundo claro, os dispositivos que podem ser inseridos no semestre seguinte. Ou seja, a disciplina terá mais recursos para desenvolver comporta-

Figura 21 Diagrama resultante dos indicadores no final do primeiro semestre de 2015.

Indicadores Qualitativos para a Aprendizagem Ativa para Inovação por Colaboração, IQAAC	Dispositivos Pedagógicos										
	Tema Gerador	Autoconhecimento	Aprofundamento	Atividade de fixação	Projetos curtos	Plataforma de apoio	Proj. de ciclos peq.	Projetos Lineares	Projetos Híbridos	Gestão de Projetos	Avaliação Processual
Inovação	o	o	o	o	x	o	xx	xx	xx	o	xx
Empatia	o	xx	xx	o	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
Usabilidade	x	x	xx	o	xx	x	x	x	xx	xx	xx
Interdisciplinaridade	x	o	xx	o	xx	o	x	x	xx	o	xx
Modularidade	o	o	o	xx	o	x	o	o	o	o	xx
Adaptação	o	x	o	xx	o	o	o	o	o	o	xx
Integralidade	xx	x	xx	xx	x	o	x	xx	xx	xx	xx
Sustentabilidade	x	o	o	xx	x	o	x	xx	xx	o	x

Legenda: o = sem relação definida, x = relação normal,
xx = relação profunda.

Fonte: desenvolvido pelo autor.

mentos para a inovação nos estudantes de engenharia.

5.1.3 Reuniões Pedagógicas - Primeiro Semestre de 2015

Entre as análises que foram construídas ao longo deste semestre, podemos destacar:

- O nível de participação foi concentrado em poucos alunos; os alunos não mostram interesse pelo conteúdo da plataforma web;
- Os problemas eram conhecidos; soluções para os problemas estavam disponíveis;

- O conhecimento técnico foi adquirido de forma autônoma;
- O entendimento de conceitos básicos era baixo;
- Os alunos concentraram suas atividades em datas próximas das datas de entrega;
- O laboratório teve pouca mobilidade interna;
- O acesso aos laboratórios era livre.

Portanto, vários mecanismos poderiam ser trabalhados. Neste caso, optou-se por modificar os mais relevantes, considerando as condições de infraestrutura disponível, tais como a organização das aulas práticas, o enunciado do problema e o aumento dos espaços de trabalho das equipes no laboratório.

5.1.4 Implementação de Novos Dispositivos Pedagógicos - Primeiro Semestre de 2015

Os DPs escolhidos no primeiro semestre de 2015, foram executados no segundo semestre de 2015. As aulas práticas foram organizadas em oito aulas práticas (inserção de roteiros e aulas de nivelamento para a plataforma Mindstorming) e oito aulas de desenvolvimento com roteiros construídos conjuntamente com os monitores da disciplina. O tema do problema mudou para tratar com a mobilidade inteligente, e o enunciado foi transmitido da seguinte forma:

"Deseja-se implementar um sistema de tráfego cooperativo e autônomo em que:

- *Semáforos são abolidos;*

Figura 22 – Evolução dos principais dispositivos pedagógicos.

Semestre de observação	Dispositivo Pedagógico	Semestre de execução
2015-01	Projetos Lineares Projetos curtos Tema Gerador	2015-02
2015-02 a 2016-01	Plataforma de apoio Projetos Híbridos Autoconhecimento Projetos de ciclos pequenos Gestão de Projetos Aprofundamento Avaliação Processual	2016-01 e 2016-02
2016-02	Atividade de fixação	2017-01

Fonte: desenvolvido pelo autor.

- *Cruzamentos são coordenados por meio de comunicação entre veículos;*
- *Garanta a segurança de passageiros e pedestres.*

Desenvolva uma solução e apresente um protótipo físico implementando esta solução."

O laboratório recebeu mais um computador para cada equipe. Conseguir as mesas foi rápido, mas conseguir computadores foi trabalhoso, porque haviam outros laboratórios com as mesmas necessidades.

5.1.5 Evolução dos resultados obtidos

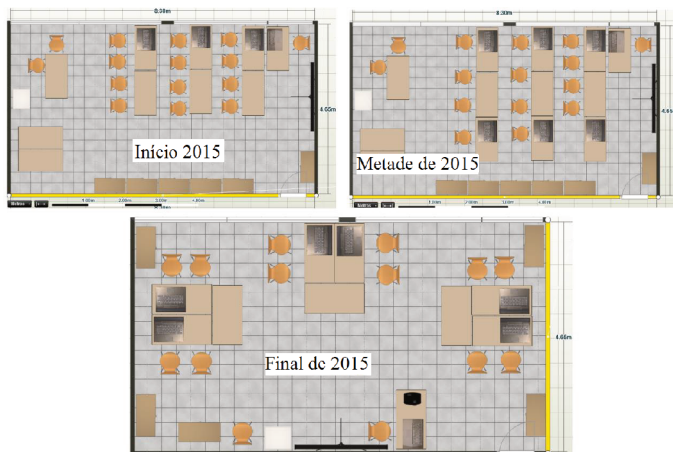
Os principais DPs usados em cada semestre geralmente são implementados em períodos posteriores. Na Figura 22 pode-se observar esta organização com DPs entre os anos de 2015 e 2017.

Desta forma, complementando a descrição de ações no segundo semestre de 2015, com a reformulação da declaração de problemas, observou-se limitações de comunicação de kits da LEGO, afetando também as soluções. O desenvolvendo de roteiros para as aulas práticas, em conjunto com o monitor de disciplina, permitiram a organização de 16 experimentos envolvendo kits LEGO e um simulador com ambiente virtual. Uma ação importante nas aulas práticas foi a rotação entre os membros da equipe para que todos pudessem programar e preparar os experimentos. Uma limitação dos experimentos foi que havia pouco tempo para desenvolver a solução do projeto, indicando que a quantidade de experimentos era excessiva.

No primeiro semestre de 2016, considerando o problema de comunicação dos kits LEGO, decidiu-se alterar o problema no enunciado do Tema Gerador. Desta vez foi sugerido que se desenvolvesse uma solução para um resgate com dois veículos: um veículo que descobrisse o percurso até localizar uma vítima em potencial e outro veículo que recebesse a informação do primeiro para realizar a busca da vítima. Essa solução foi bastante satisfatória, embora houvesse o risco de se tornar conhecido e retornar à condição de ter uma solução disponível. Com relação ao excesso de práticas, apenas oito roteiros foram selecionados. Este montante foi suficiente para abordar as características do kit LEGO e as noções básicas de controle. O Layout final do laboratório (Figura 23) organizado por células de trabalho, reduzindo problemas de mobilidade dentro do laboratório e os problemas de comunicação nas equipes durante as aulas práticas.

No segundo semestre de 2016, o fato da solução torna-se conhecida pela comunidade de estudantes foi enfrentado ajustando-

Figura 23 Evolução do Layout do Laboratório. No início de 2015, o Layout é linear e, no final deste ano, o Layout é radial com células de trabalho.



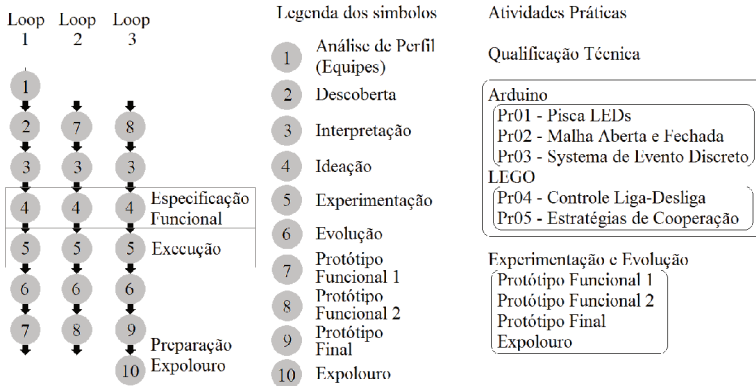
Fonte: desenvolvido pelo autor.

se a metodologia original apresentada na Figura 5.1.1. Como queríamos estimular a autonomia da equipe (conforme mostrava o indicador Projetos Híbridos), decidimos dar às equipes a tarefa de descobrir o problema. Para isso, inserimos na metodologia original algumas técnicas utilizadas para desenvolver a criatividade indicadas na Figura 10. Desta forma, uma etapa foi inserida, onde as equipes apresentam problemas que poderiam ser interessantes sem se preocupar com restrições de recursos, e então um problema seria escolhido, explicando os critérios utilizados para a escolha feita. Nesta nova configuração para definir o problema, decidiu oferecer o Arduino como um recurso opcional ao kit LEGO. Para isso, os roteiros foram modificados, sendo os três primeiros para trabalhar nos recursos básicos do Arduino, e os

próximos cinco para trabalhar nos recursos do kit LEGO e nos conceitos de controle. O resultado foi muito positivo, apesar da mudança radical em que os elementos do aprendizado baseado em problemas (GRAAFF; KOLMOS, 2007) foram inseridos na metodologia original. O resultado foi tão positivo que 100% dos alunos conseguiram aprovação no curso neste semestre. Nesse semestre, iniciamos uma exposição local dos trabalhos concluídos, que veio a se chamar EXPOLOURO (Feira dos Calouros).

No primeiro semestre de 2017, reduzimos a quantidade de roteiros para as aulas práticas para um número mínimo, sendo três para o Arduino e dois para o kit LEGO. Essa decisão foi tomada tendo em vista a necessidade de trabalhar melhor na fase de descoberta da equipe (em função do indicador Projetos de Ciclos Pequenos). Para isso, inserimos na fase de descoberta, um ciclo de inovação utilizado por educadores conhecidos como Design Thinking for Educators (IDEO, 2003). Ou seja, este semestre estabeleceu uma abordagem inicial de inovação composto por quatro etapas: Descoberta, Interpretação, Ideação e Experimentação. Decidimos usar o passo de evolução (refinamento) de outra maneira. A nova estrutura básica da disciplina pode ser visualizada na Figura 24. Um programa de tutoria com estudantes veteranos também foi implementado, definindo um tutor por equipe. No entanto, esse montante não era gerenciável. Por esse motivo, o número de tutores foi reduzido. Este número menor de tutores teve uma formação específica para auxiliar os estudantes no desenvolvimento da autonomia no trabalho em equipe. Outro resultado foi a EXPOLOURO para a comunidade acadêmica. Com isso, foi possível obter mais recursos para continuar os semestres seguintes, já que as soluções exigiam o uso de mais componentes eletrônicos.

Figura 24 Estrutura Básica da disciplina de Introdução à Engenharia no Primeiro Semestre de 2017. Aprendizagem Baseada em Problemas adaptada ao desenvolvimento de inovação de habilidades.



Fonte: desenvolvido pelo autor.

No segundo semestre de 2017, apenas o trabalho de comunicação baseado na Comunicação Não-Violenta (ROSENBERG, 2003) foi incluído para fornecer aos alunos mecanismos de comunicação mais eficazes (ainda atendendo o indicador Autoconhecimento, já incorporado em 2016).





Nos últimos três semestres, os alunos apresentaram mais de 150 problemas e, utilizando critérios definidos por cada equipe, foram selecionar 27 problemas não estruturados (Figura 25), ou seja, um problema para cada equipe. Desse total, apenas um problema não conseguiu completar a montagem do protótipo final, mas todos conseguiram desenvolver os protótipos funcionais, mostrando domínio dos conceitos básicos envolvidos e experiências significativas de trabalho em equipe.

Figura 25 – Propostas de problemas não estruturados aprovadas pelas equipes na disciplina de Introdução à Engenharia.

Eq.	Segundo semestre de 2016	Primeiro semestre de 2017	Segundo semestre de 2017
1	Limpador de Vidro Automático	Controle Automático de Fluxo de Veículos	Monitoramento de risco para animais domésticos
2	Colete para deficientes visuais	Coleta Automática para Supermercados	Localizador de objetos para deficientes visuais
3	Coletor Seletivo de Lixo Automático	Afinador Automático de Instrumentos de Corda	Monitoramento de crianças em locais de risco dentro de uma casa
4	Cubo Amorfo	Sistema de Informação de Ônibus para Deficientes Visuais	Controle de ocupação de mesas em restaurantes
5	Misturador de Líquidos para Indústria de Cosméticos	Gerenciador de medicamentos para idosos	Controle de consumo de água e energia elétrica em casas compartilhadas
6	Bengala Eletrônica para deficientes visuais	Identificador de vagas livres em Ônibus Urbanos	Controle de vagas de veículos em estacionamentos verticais
7	Varal Automático para Casas	Sistema de Gestão de Consumo de Energia Elétrica Residencial	Controle de validade de produtos em um supermercado
8	Estufa Automática para Apartamentos	Irigador Automático de Pequenas Plantas para Apartamentos	Controle da dosagem de insulina para diabéticos
9	Separador Automático de Lixo Reciclável	Controle de Acesso para Condomínios	Monitoramento da quantidade de açúcar na fermentação em um processo de fabricação de cerveja artesanal

Fonte: desenvolvido pelo autor.

Figura 26 Evolução da disciplina Introdução à Engenharia entre o primeiro semestre de 2015 e o segundo semestre de 2017 utilizando a estrutura de referência para o desenvolvimento de competências para a inovação por colaboração.

2015-01	2015-02	2016-01	2016-02	2017-01	2017-02
Início da observação	Metodologia Original		Metodologia para a criatividade não explícita	Metodologia para a inovação explícita	
Projetos P1, P2 e P3	Novo tema gerador apresentado pelos docentes (veículos autônomos)	(resgate com cooperação)	Problemas apresentados pelos alunos		
Práticas com LEGO	Prática com LEGO e simuladores	Redução do número práticas	Práticas com LEGO e Arduino		
Organização Linear para o laboratório	Aumento do número de computadores	Organização do laboratório em células de trabalho			
			Exposição Local	Exposição para a comunidade acadêmica	Exposição para a comunidade externa
				Início da tutoria	Redução de tutores e treinamento
					Comunicação Não Violenta

Fonte: desenvolvido pelo autor.

A síntese desta evolução pode ver em Figura 26.

5.2 Estudo de caso - Disciplinas com Perfil Intermediário - Projeto Integrador

O Estudo de Caso da abordagem apresentada para as Disciplinas com Perfil Intermediário foi Projeto Integrador do curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC.

5.2.1 Condições Iniciais - Projeto Integrador

A disciplina Projeto Integrador teve seu início como disciplina obrigatória do curso de Engenharia de Controle e Automação da UFSC em 2017. Como não havia ainda uma estrutura pedagógica mais detalhada para a disciplina, a equipe de docentes da disciplina, composta por quatro docentes, optou por iniciar com uma configuração correspondente a alguns IQAAIC e Dispositivos Pedagógicos sugeridos pela estrutura de referência para a disciplina de nível intermediário (Figuras 16 e 18) a partir do segundo semestre de 2017.

Neste caso, a ação inicial foi um Reunião Pedagógica na qual foram discutidas e apresentadas a estrutura básica da disciplina de Introdução à Engenharia representada na Figura 24. A partir desta RP inicial foi estruturada um conjunto de etapas de entregas que foram avaliadas seguindo a dinâmica de ajuste dos Dispositivos Pedagógicos descrita na Figura 19. O ajuste final das etapas esta descrito com mais detalhes na Seção 5.2.4.

5.2.2 Medição Qualitativa da Aprendizagem - segundo semestre de 2017 - Projeto Integrador

Entre as questões mais relevantes que foram exploradas para observar a aprendizagem na turma da disciplina de Projeto Integrador, que fizeram referência aos IQAAIC, podemos destacar os seguintes:

Inovação

QII - Complexidade: Qual é nível de complexidade dos problemas escolhidos?

QI2 - Impactos dos problemas escolhidos: Qual é o nível de impacto social ou econômico dos problemas?

Empatia

QI3 - Recursos de comunicação interna: A comunicação entre os membros das equipes é realizado de forma adequada para obter os resultados propostos?

QI4 - Recursos de comunicação com o docente: A comunicação entre os estudantes e os docentes permite observar o processo de aprendizagem?

Usabilidade

QI5 - Conceitos de Projeto: Os conceitos de projetos são aplicados adequadamente pelas equipes para obter soluções estruturadas e gerenciáveis?

Adaptabilidade

QI6 - Critérios de avaliação adequados: Os trabalhos desenvolvidos pelas equipes devem ser avaliadas seguindo um padrão, ou devem ser específicas para o tipo de problema escolhido por cada equipe?

Integralidade

QI7 - Qualidade dos requisitos e especificações: A qualidade dos requisitos observados nos problemas e as especificações das soluções é significativa?

Entre as principais observações e registros realizados no primeiro semestre de 2017. Tem-se:

QI1 - Existe significativa diversidade quanto à complexidade dos problemas selecionados por cada equipe;

QI2 - O impacto das soluções estão limitadas aos contextos locais. Não explora contextos mais abrangentes, ou significativos, social e economicamente.

QI3 - Algumas equipes tinham problemas de comunicação entre os membros da equipe. Não haviam instrumentos que facilitassem o monitoramento das tomadas de decisões e execução de tarefas.

QI4 - A padronização de orientações não seguia uma referência específica. A comunicação entre os estudantes e os docentes ocorre em maior intensidade nas aulas de laboratório.

QI5 - As etapas de simulação foram pouco exploradas na fase de ideação de soluções;

QI6 - Os critérios de desenvolvimento das soluções são diversas o que sugere que seja sugeridos critérios de avaliação distintos para cada equipe.

QI7 - Boa parte dos registros de requisitos não eram seguidos na especificação da solução dos problemas. Poucos critérios para realizar a análise de viabilidade técnica;

5.2.3 Reuniões Pedagógicas - primeiro semestre de 2017 - Projeto Integrador

A seguir alguns itens compilados pela estudante do programa de Pós Graduação de Engenharia de Automação e Sistemas da UFSC, Lisa Kareem Zaki, que participou das RPs (que ocorreram com intervalos semanais e quinzenais) como colaboradora para a equipe de docentes da disciplina Projeto Integrador.

Entre as principais análises que foram realizadas no se-

gundo semestre de 2017 tem-se:

- **Análise das Propostas (Primeira Entrega):** havia a necessidade de propor uma metodologia específica baseada no Dispositivo Pedagógico Projetos Lineares. Entretanto, por se tratar de projetos integradores que englobam todas as disciplinas vistas até a sétima fase da Engenharia, entende-se que o nível de exigência deve ser elevado, ainda que seja o primeiro contato com projetos interdisciplinares. Porém, devido à disciplina ainda estar em fase de ajustes e não possuir um modelo de referência tanto para alunos, quanto para professor, concluiu-se que neste momento a análise das propostas deve ser mais propositiva;
- **Múltiplos Temas Apresentados:** Tirar a obrigatoriedade de apresentar vários temas na primeira entrega, podendo direcionar o foco para somente um tema;
- **Papel do Instrutor da Disciplina:** O instrutor como avaliador e orientador dos projetos. (Tema a ser discutido futuramente);
- **Relevância dos Temas dos Projetos:** Percebeu-se a importância de os projetos possuírem um viés, tanto voltado para à UFSC, no sentido de projetos que auxiliem o aprendizado prático, quanto projetos voltados para clientes externos;
- **Nível Esperado de Inovação nos Projetos:** Incentivar a escolha de temas variados que apresentam aspectos de inovação tecnológica, sem prejuízo do grau baixo de inovação;
- **Prazos e Conteúdos da Etapa 1** (a disciplina foi organizada em etapas conforme ser demonstrado na sequência

do texto): Ressaltar a importância da viabilidade na primeira etapa do projeto e considerar a reestruturação dos tempos de entrega. Ponderar que a segunda etapa pode incluir análise de viabilidade;

- Avaliação dos Projetos: Elaborar critérios de avaliação para auxiliar alunos e professor quanto a avaliação, sendo que cada fase possui seu respectivo conjunto de critérios. Elaborar uma escala de notas gradativas para avaliação dos projetos. (Estruturar ideias para o próximo semestre);
- Avaliação da Segunda Entrega: Explicitar os critérios já apresentados no roteiro de etapas e cronograma já entregue;
- *Feedback* aos Alunos: Conferir uma nota com considerações mínimas no sentido de auxiliar o aluno;
- Formato da Segunda Entrega: Resgatar itens interessantes da entrega anterior e utilizar para continuação na entrega atual, tais como:
 - Título;
 - Contextualização e descrição do problema baseado na primeira entrega;
 - Requisitos:
 - * Resumo das entrevistas com avaliação do potencial de sucesso do projeto
 - * Especificação informal (requisitos em linguagem natural)
 - * Especificação via casos de uso

* Relação dos requisitos do projeto em relação às áreas do curso

- Regras de Apresentação:
 - Tempo delimitado em no máximo 10 minutos;
 - Somente um integrante do grupo apresenta (Sorteio);
 - Permanência dos alunos em sala (Chamada as 10h10min);
 - Ordem das apresentações a ser determinado pelos professores.
- Sessão de Notas: Reunião agendada com a finalidade de fechamento das notas referente às entregas feitas até o momento, para isso, cada professor pode ir para a reunião com uma nota previamente formulada. A avaliação será feita por cada entrega.
- Entrega: Plano de desenvolvimento (Sétima semana): Incluir atribuições de responsabilidade de cada aluno.

5.2.4 Implementação de Novos Dispositivos Pedagógicos - primeiro semestre de 2018 - Projeto Integrador

O trabalho de pesquisa na disciplina Projeto Integrador foi encerrado no final de 2017 com a reorganização da proposta de implementação do Dispositivos Pedagógico: Projeto Linear e Gestão de Projetos. A organização da disciplina em etapas estruturadas representa esta proposta de implementação, a qual teve a sua execução a partir de 2018.

As Etapas são as seguintes:

Etapa 1

Nesta etapa as equipes seriam formadas considerando inicialmente os perfis complementares para facilitar a realização de abordagens multidisciplinares. Já nesta fase os estudantes desenvolveriam a Descoberta da abordagem Design Thinking partindo de ações divergentes (várias opções) e convergindo em uma alternativa baseada em critérios explícitos. No Quadro a seguir tem-se a descrição mais detalhada.

Formação das equipes e escolha do projeto (entrega: 3a. semana)

- Constituir equipes com base nas aptidões dos integrantes;
- Equipes devem listar várias opções de projeto;
- Prós e contras;
- Justificar decisão por uma das opções;
- Considerações:
 - Prever conteúdos teóricos em Controle, Automação e Informática;
 - Viabilidade técnica e de custos;
 - Criatividade;

(Obs.: talvez definir critérios de avaliação para cada grupo de acordo com a proposta. P.ex.: fila do R.U.? Queremos ARENA, algum escalonamento, abordagens com agendamento antecipado com confirmação posterior, abordagens reativas).

Etapa 2

Nesta etapa, na fase da Interpretação da abordagem Design Thinking é feita uma imersão profunda para conhecer o maior número de detalhes que podem ser observados a partir da perspectivas externas às perspectivas pessoais dos membros das equipes. Nesta fase os requisitos são definidos e estruturados. A seguir no quadro vemos mais detalhes desta etapa.

Levantamento de requisitos do projeto (entrega: 5a. semana)

- Pesquisa bibliográfica;
- Entrevistas com possíveis interessados ("stakeholders"):
 - Especialistas na área;
 - Investidores em potencial;
 - Pesquisa de opinião (cidadãos, usuários, clientes);
- Documentação de requisitos:
 - Resumo das entrevistas com avaliação do potencial de sucesso do projeto;
 - Especificação informal (requisitos em linguagem natural);
 - Especificação via casos de uso;
 - Descrição dos conteúdos teóricos do projeto em relação às áreas do curso.

Obs.: Momento "divergente", com indefinições, ambiguidades e redundâncias.

Etapa 3

Nesta etapa, que corresponde a fase de Ideação da abordagem Design Thinking, as equipes trabalham para definir as especificações das soluções tendo como referências os requisitos organizados na Etapa 2. O Quadro a seguir mostra mais detalhes.

Protótipo conceitual (concepção geral do sistema): (entrega: 6a. semana)

- Conceito do sistema;
- Layout detalhado (e preliminar) com os elementos previstos;
- Ideação de alternativas de solução da implementação (listar possíveis versões para os elementos do sistema);

Obs.: Momento "convergente", sistematizando o item 2

Etapa 4

Nesta etapa, que corresponde a fase de Prototipação da

abordagem Design Thinking, as equipes realizam as soluções definindo tarefas e utilizando ferramentas de gestão de tarefas. Em grande parte as tarefas correspondem a modelagens e simulações de subsistemas. No Quadro a seguir são apresentados mais detalhes.

Plano de desenvolvimento (entrega: 7a. semana)

- Plano de trabalho (com atividades e cronograma);
- Prever:
 - Definição das funções a serem implementadas e testadas em cada uma das entregas;
 - Simulação de elementos do sistema;
 - Protótipo funcional inicial (primeiro protótipo com funções implementadas, talvez virtual—simulação);
 - Protótipo funcional intermediário (segundo protótipo com funções implementadas);
 - Entrega final (sistema completo).
- Descrição dos conteúdos teóricos a empregar;
- Usar ferramenta de gestão de tarefas (Trello, p. ex.).

Etapa 5

Nesta etapa, que ainda corresponde a fase de Prototipação da abordagem Design Thinking, as equipes executam as tarefas utilizando ferramentas de gestão de tarefas, e também são apresentadas as devidas documentações dessas tarefas. No Quadro a seguir são apresentados mais detalhes.

Protótipo 1 (entrega: 9a. semana)

- Apresentar bases teórico/conceituais (generalizar a partir do problema específico sob estudo);
- Documentação:
 - Descrição geral do sistema (concepção do problema - iteração sobre item 2);
 - Apresentar funções implementadas:
 - * Descritivos de funcionamento;
 - * Simulações, memoriais de cálculo, avaliações quantitativas.
 - Desenho técnico (croquis/esboços do ambiente de operação ou dos equipamentos construídos);
 - Diagramas esquemáticos;
 - Diagramas SysML/UML: casos de uso (revisado), atividade, sequência.

Etapa 6

Nesta etapa, que corresponde a fase de Evolução da abordagem Design Thinking, as equipes refinam resultados a partir do feedback do Protótipo 1. No Quadro a seguir são apresentados mais detalhes.

Protótipo 2 (entrega: 13a. semana)

- Idem anterior, revisado e aprofundado. Na documentação do software:
 - Acrescentar diagramas de classes e de componentes ("implementação");
 - Considerar as várias plataformas (smartphone, PCs, kits, etc.).
- Simulação de funcionalidades, com aspectos teórico/conceituais demonstrando funcionamento geral;
- Análise do desempenho a partir dos resultados de simulação. Exemplo de indicadores:
 - Consumo de energia;
 - Potência necessária para controle (discutir saturações de sensores e atuadores);
 - Tempo de resposta;
 - Robustez a perturbações.

Etapa 7

Nesta Etapa é feito os encerramento em dois momentos. No primeiro momento deverá ser feita uma apresentação para os participantes da disciplina com o objetivo de fornecer o *feedback* final. No segundo momento deverá ser realizada uma exposição (EXPOVETE) concomitante à EXPOLOURO para apresentação dos trabalhos para a comunidade acadêmica.

5.3 Análise dos resultados

A interpretação dos resultados está organizada em dois momentos. O primeiro foi organizado por meio de instrumentos de entrevista objetiva usando questionários com estudantes e docentes envolvidos nas atividades deste trabalho. O segundo

foi realizado a partir da análise crítica dos resultados obtidos nos estudos de caso apresentados nas Seções 5.1 e 5.2.

5.3.1 Percepções dos estudantes e docentes - Introdução à Engenharia

Foram realizadas duas avaliações para o estudo de caso na disciplina de Introdução à Engenharia. A primeira foi realizada com os alunos que participaram do curso de Introdução à Engenharia entre o primeiro semestre de 2016 e o primeiro semestre de 2017. Portanto, foi uma avaliação indireta, pois os alunos tiveram acesso aos dispositivos pedagógicos, e não tiveram contato com o processo de construção desses dispositivos.

A segunda avaliação foi realizada com professores que participaram da disciplina no formato original, professores que participaram das mudanças ao longo dos três anos da pesquisa e com professores que participaram do último ano da pesquisa, em um total de quatro docentes.

Na primeira avaliação, o mesmo instrumento foi aplicada durante três semestres consecutivos no final das atividades, a fim de observar se alguns aspectos da organização metodológica da disciplina são favoráveis, ou não, ao estudante de engenharia. O formulário contém quatro sentenças para as quais os alunos podem responder com zero, cinco ou dez, enquanto zero representa discordância total e dez representa concordância total com a afirmação. Os resultados ao longo dos semestres são mostrados na Figura 27.

Na Figura 28 é apresentado um resumo das respostas com total concordância e das respostas que não discordam com-

Figura 27 Porcentagem de respostas dos alunos ingressantes referentes a quatro aspectos da organização metodológica da disciplina. As respostas variam entre 0 (discorda totalmente) e 10 (concorda totalmente).

Sentenças		2016-1			2016-2			2017-1		
		(15 respostas)			(35 respostas)			(24 respostas)		
		10	5	0	10	5	0	10	5	0
S1	Após a disciplina, consigo explicar a meus amigos de outros cursos o que faz um engenheiro de controle e automação.	93,3	6,7	0	65,7	34,3	0	62,5	37,5	0
S2	A disciplina me motivou a continuar no curso.	80	20	0	85,7	11,4	2,9	70,8	29,2	0
S3	O método de ensino adotado contribuiu para minha aprendizagem e crescimento profissional.	80	20	0	68,6	28,6	2,9	66,7	29,2	4,2
S4	Gostaria que outras disciplinas fossem como esta.	46,7	40	13,3	57,1	37,1	5,7	54,2	41,7	4,2

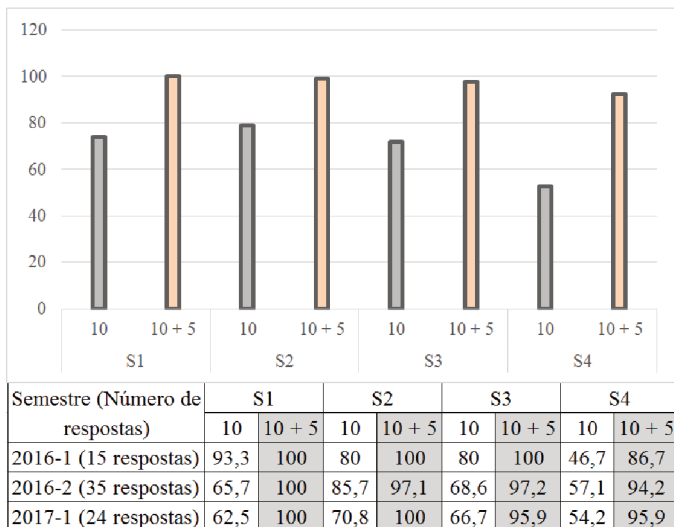
Fonte: desenvolvido pelo autor.

pletamente ao longo dos três semestres são organizadas. Em média, 69,3 % das respostas correspondem a concordância total e 97,3 % das respostas correspondem à soma dos que concordam totalmente e daqueles que pontuaram cinco em suas respostas. Ou seja, quase a totalidade dos estudantes não se opõe às declarações que descrevem alguns aspectos da organização metodológica da disciplina.

Ainda na primeira avaliação foi aplicado um instrumento com quatro sentenças referentes criatividade e a interação com o docente (Figura 29). As questões referentes a interação com o docente tem a finalidade de observar a perspectiva que o estudante tem sobre o apoio docente no desenvolvimento de sua formação na disciplina.

De uma forma mais específica observamos novamente

Figura 28 Resumo das respostas com dez e dez mais cinco ao longo do tempo. A curva do gráfico representa a média ao longo dos três semestres para respostas com dez e a soma de dez mais cinco.



Fonte: desenvolvido pelo autor.

que quase a totalidade dos estudantes não discorda das sentenças referentes às suas interações com os docentes. Ou seja, em média 66,4% das respostas indicam concordância total com as sentenças, e se considerar aqueles que não discordam das afirmações temos um total de 97,3%. Na afirmação referente a criatividade, S6, a percepção da capacidade de inovar foi a que se mostrou mais acentuada e crescente. Por outro lado, a percepção da interação com o docente teve oscilações de 9,3% em torno de 61%, conforme mostra a Figura 30.

A segunda avaliação do estudo de caso também foi rea-

Figura 29 Porcentagem de respostas dos alunos ingressantes referentes a criatividade e a interação com o docente. As respostas variam entre 0 (discorda totalmente) e 10 (concorda totalmente).

Sentenças	2016-1 (15 respostas)			2016-2 (35 respostas)			2017-1 (24 respostas)		
	10	5	0	10	5	0	10	5	0
	S5 As intervenções e explicações do professor contribuíram para minha aprendizagem e crescimento profissional.	80	20	0	54,3	45,7	0	50	50
S6 Tive a oportunidade de desenvolver a criatividade durante a disciplina.	66,7	26,7	6,7	88,6	11,4	0	91,7	8,3	0
S7 O professor me inspirou a buscar mais informações fora de aula sobre os tópicos abordados em sala.	53,3	46,7	0	68,6	28,6	2,9	70,8	29,2	0
S8 O professor valorizou minhas competências prévias e criou um ambiente adequado para que eu desenvolvesse novas competências.	60	40	0	45,7	40	14,3	66,7	25	8,3

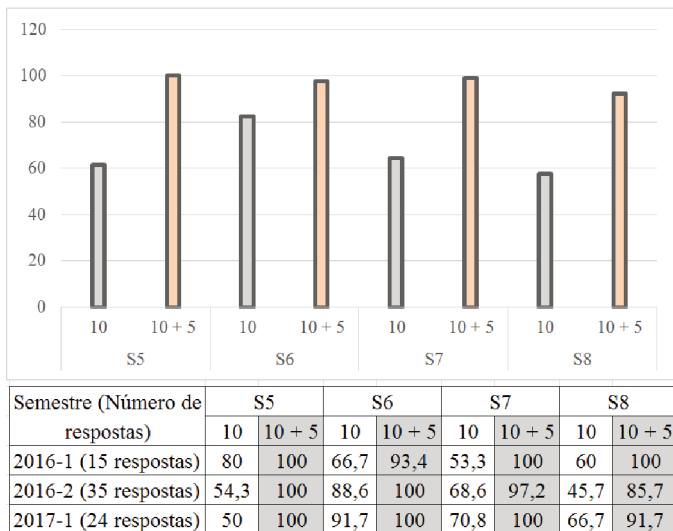
Fonte: desenvolvido pelo autor.

lizada de forma indireta, uma vez que os professores não acompanharam conscientemente o processo de ajuste dos dispositivos pedagógicos, mas participaram da dinâmica e foram responsáveis pelos resultados obtidos nas Reuniões Pedagógicas. Neste caso, foi feito um levantamento dos principais aspectos positivos e negativos das mudanças na organização metodológica, obtidos no último semestre da sequência de ajustes realizados na disciplina Introdução à Engenharia.

O resumo dos resultados deste diagnóstico mostra que os principais aspectos positivos são:

- Desenvolvimento de autonomia nos estudantes;
- O conhecimento é contextualizado;

Figura 30 Resumo das respostas referentes à criatividade e a interação com o docente. A curva do gráfico representa a média ao longo dos três semestres para respostas com concordância total e os que não concordam.



Fonte: desenvolvido pelo autor.

- A expectativa de alcançar um bom nível de aprendizado e motivação é grande;
- Desenvolvimento de um maior sentido de responsabilidade dos alunos com os projetos;
- Aumento da qualidade das discussões técnicas em sala de aula;
- Ambiente de maior aprendizado para o próprio professor;
- Estímulo para a criatividade.

- Mais oportunidades para um primeiro contato e apreensão de conceitos de automação;
- Maior contato com dispositivos/componentes utilizados em aplicações reais;
- Suporte extra no desenvolvimento de projetos;
- Oportunidade de apresentar os resultados de seu trabalho para um público diversificado (outros alunos, professores e público em geral);
- Desenvolvimento de um sentido de inovação e identificação de soluções para a comunidade;
- Maior contato com outros alunos no estágio mais avançado do curso.

Entre os aspectos negativos decorrente da implantação dos ajustes metodológicos, podemos destacar:

- Distribuição de carga de trabalho não homogênea em várias equipes;
- Algumas equipes propõem projetos que envolvem pequenos desafios técnicos, quando comparados aos projetos que os professores ofereceram anteriormente (em versões antigas da disciplina). Nesses casos, alguns conceitos relacionados ao curso de controle e automação acabam não sendo abordados nessas equipes;
- Menos controle sobre a riqueza e adequação do projeto a ser desenvolvido;

- Menor controle sobre a qualidade dos documentos, pela diminuição do contato professor/aluno em sala de aula, no desenvolvimento de relatórios de projetos;
- Baixa qualidade de uso de ferramentas para suportar o desenvolvimento de projetos.

5.3.2 Análise dos Estudos de Caso

A Figura 26 representa uma boa síntese dos resultados obtidos no primeiro estudo de caso.

Na disciplina de Introdução à Engenharia a mudança da abordagem metodológica de ABPj para ABP foi uma opção que promoveu uma mudança significativa no comportamento dos estudantes e docentes. Os indicadores Inovação, Empatia e Integralidade permitiram que gradualmente fossem incorporados processos que ajudassem a avaliar os impactos que as soluções traziam, tendo como diretriz a colaboração tanto no sentido de trabalhar a empatia com o usuário da solução, quanto em cuidar para que as equipes observassem os processos de comunicação envolvidos no desenvolvimento das soluções dos problemas. Neste sentido, a autonomia na escolha do problema e, em certo nível de disponibilidade de recursos, a autonomia na escolha das soluções, fortaleceu o empoderamento e a autoria dos estudantes.

Os indicadores de Usabilidade e Adaptação permitiram que fossem organizadas várias tentativas para adequar o ambiente físico e cognitivo básico. Ou seja, a reorganização física do Laboratório de Projetos e a construção de atividades de nivelamento instrumental, promoveram a aproximação dos estudantes em maior quantidade ao uso dos recursos técnicos e incorporação natural e contínua de conceitos básicos do curso.

Todas estas análises fortalecem a ideia de que o desenvolvimento de comportamentos para a inovação esta diretamente conectado com a capacidade de comunicação, desde a origem, quando se busca um problema relevante, até quando se constrói coletivamente as alternativas para as possíveis soluções destes problemas. Ou seja, a inovação pode ser potencializada quando os comportamentos de colaboração são potencializados.

Isto não significa que o uso adequado e consciente dos indicadores, e dos Dispositivos Pedagógicos, seja suficiente para promover as mudanças de comportamento para desenvolver competências para a inovação.

No caso da disciplina de Introdução à Engenharia houveram resultados significativos, tanto favoráveis quando aqueles que permitem boas reflexões para continuar aprimorando. Contudo o comportamento do grupo de docentes, pelo fato de terem mais contato com os métodos ativos de aprendizagem, tiveram uma receptividade maior desde o começo dos trabalhos. Por outro lado, a equipe de docentes da disciplina Projeto Integrador, somente começou a ter uma percepção mais clara das possibilidades de trabalhar na perspectiva da disciplina de Introdução à Engenharia quando houveram resultados mais concretos na primeira disciplina.

A disciplina de Projeto Integrador teve inicialmente duas turmas em cidades distintas. Contudo, apesar da oferta voluntária em auxiliar na implantação das estratégias descritas no Estudo de Caso, apenas em uma das cidades foi possível desenvolver o auxílio de supervisão para a implantação. Esta aparente resistência em aderir às novas estratégias de ensino-aprendizagem é decorrente da falha de formação dos docentes. A indisposição

dos docentes se deve mais pelo fato de não conhecerem os métodos ativos de aprendizagem do que não desejar inovar suas práticas pedagógicas. Então é importante neste momento registrar a seguinte questão: é necessária alguma formação docente para incorporar métodos ativos em suas práticas pedagógicas? Neste sentido serão apontadas a seguir algumas considerações nas Conclusões deste trabalho.

6 Conclusões

A evolução dos processos educacionais é uma das pesquisas mais complexas devido à subjetividade envolvida e à falta de conhecimento desses processos pela grande maioria dos docentes nos cursos de engenharia. Para trabalhar sobre esse tema, é necessário que fique clara a interpretação da evolução dos processos educacionais. Neste trabalho, a contribuição que detalhamos considera que esses processos podem ser guiados por uma referência descrita como Indicadores Qualitativos da Aprendizagem Ativa para a Inovação por Colaboração. Esta referência tem em sua concepção um conjunto de variáveis qualitativas, que se organizaram com o objetivo de sistematizar a observação e adequação de fatores pedagógicos que interferem na qualidade de aprendizagem dos alunos de engenharia.

Esta sistematização apresentada na forma de um algoritmo que começa com a medição de indicadores qualitativos de aprendizagem, estabelece a construção coletiva de mecanismos pedagógicos para explicar as ações de controle para melhorar a aprendizagem (como demonstrado na abordagem introdutória para estudantes ingressantes de engenharia).

A implementação da proposta ao longo de três anos em uma disciplina de Introdução à Engenharia permitiu a maturação e refinamento de vários aspectos da proposta. Os resultados deste experimento mostram, no contexto descrito, que a proposta trouxe ajustes positivos tanto nos aspectos motivacionais, quanto nos aspectos conceituais e técnicos. Assim podemos des-

tacar alguns aspectos positivos da implementação:

- *Feedback* positivo recebido por boa parte dos alunos que participaram (também por alguns professores e alunos veteranos que só acompanharam os trabalhos);
- Grande motivação na maioria das edições da disciplina;
- Aumento do uso dos espaços de aprendizagem;
- Regularidade deste uso (reduzindo a concentração de atividades ao aproximar prazos).

A pesquisa apresentada continuará seu desenvolvimento buscando trabalhar a aprendizagem ativa com estudantes veteranos para desenvolver habilidades de inovação em engenharia. Entre as disciplinas do nível intermediário que se encontram em fase de implantação temos as disciplinas de Sistemas Microcontrolados e Redes Industriais do curso de Engenharia de Controle e Automação da UTFPR. Para a disciplina de nível avançado temos as disciplinas TCC1 e TCC2 nos cursos de engenharia do Departamento de Engenharia Elétrica (DAELE) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR. Neste caso, se encontram três trabalhos aprovados em TCC1, sendo que estes trabalhos estão orientados seguindo a estrutura de referência apresentada neste trabalho para a disciplina de nível avançado.

Contribuições Específicas

Entre as principais contribuições deste trabalho temos:

- uma pesquisa sobre a necessidade de uma investigação científica na educação em engenharia para o desenvolvimento da inovação, indicando elementos potencias de atuação;
- uma pesquisa sobre os modelos para o desenvolvimento da inovação no setor produtivo, permitindo uma visão dos processos destes modelos quanto as competências básicas, arquiteturas, vantagens e desvantagens. Além destes elementos, foi apresentada uma ligação entre os modelos e as abordagens de estudo no Sistema Educacional de uma forma geral;
- uma pesquisa exploratória sobre a educação para a inovação na engenharia, possibilitando uma visão do estado da arte e observando questões em aberto, tais como a falta de uma metodologia específica para o desenvolvimento da inovação nesse contexto pedagógico. Nesta pesquisa se estabeleceram *networks* de trabalho com algumas universidades potencialmente parceiras para continuidade das pesquisas que foram estabelecidas;
- a construção de uma proposta de uma estrutura de referência para a educação em engenharia para a inovação por colaboração, definindo seus princípios e componentes com uma relação dos mesmos em uma arquitetura composta por três disciplinas;
- a realização de estudos de caso para a implementação de disciplinas dos tipos básico e intermediário da arquitetura proposta.

Outra contribuição que podemos destacar é a disseminação dos resultados do trabalho. Os seguintes trabalhos foram

desenvolvidos, submetidos e apresentados nos respectivos congressos:

- Análise de uma disciplina de Introdução à Engenharia Baseada em Problemas. V Congresso Internacional de Educação, UNIAMERICA, Foz do Iguaçu (Chincaro Bernuy, 2015);
- O Ensino de engenharia e as práticas sociais de referência: estudo de caso sobre os conceitos de capacitância e capacitor. XLIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, São Bernardo do Campo (Chincaro Bernuy et al., 2015);
- Metodologia de desenvolvimento de ferramentas educacionais - análise para navegação reativa de robôs móveis. XLIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, São Bernardo do Campo (BERNUY; RAMOS; MORENO, 2015);
- Análise e adequação metodológica em uma disciplina de introdução à engenharia baseada em projetos. XLIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Natal (BERNUY et al., 2016).

Outros trabalhos que foram desenvolvidos em capítulos de livro são:

- Ressignificação do ensino para a formação de novos engenheiros: das estratégias ativas de aprendizagem ao mundo contemporâneo. Capítulo de livro publicado pela Editora ABENGE (MESQUITA et al., 2015);

- Práticas pedagógicas para o desenvolvimento da inovação na engenharia - abordagens por projetos. Capítulo de livro publicado pela Editora ABENGE ([ALVES et al., 2016](#));

As publicações em revistas com corpo editorial são:

- Desenvolvimento de Inovação Tecnológica no Setor Produtivo no Contexto da Epistemologia do Conhecimento Tecnológico e as Estruturas de Ensino. Publicado na International Journal of Knowledge Engineering and Management ([Chincaro Bernuy et al., 2016](#));

Alguns desdobramentos dos resultados consolidados são os seguintes trabalhos que se encontram em fase de revisão:

- Laboratórios Pedagógicos para Aprendizagem Ativa em Cursos de Engenharia. Capítulo de livro em fase de revisão pela Editora ABENGE;
- Iniciativas inovadoras em disciplinas de Introdução à Engenharia. Capítulo de livro em fase de revisão pela Editora ABENGE;
- Structured Evolution of Introductory Engineering Freshman Course. Em processo de análise na Journal of Engineering Education em 06/12/2018.

Além das publicações descritas, um dos resultados que mostra os desdobramentos do trabalho da Tese é a submissão e homologação de um Projeto de Ensino na UTFPR que trata da construção de espaços de referência para apoiar docentes na adoção de métodos ativos em disciplinas tradicionais. Este projeto

intitulado *Laboratório para Formação Docente no uso de Métodos Ativos de Aprendizagem na Engenharia* já tem a disposição um espaço de 64m², onde serão organizadas boa parte das atividades de formação docente no *Campus* de Cornélio Procopio.

A partir de 2018, a UTFPR vem atuando sistematicamente na reformulação curricular buscando uma concepção por competências. Este novo paradigma estabelece os requisitos elencados na Seção 4.6, e diante dessa situação já consta na agenda do período de planejamento pedagógico de 2019, ações de sensibilização do corpo docente para conhecer e implementar de forma voluntária no contexto de disciplinas isoladas (nível básico e intermediário) ou integradas (nível avançado).

O capítulo de livro *Laboratórios Pedagógicos para Aprendizagem Ativa em Cursos de Engenharia* é um desdobramento do trabalho de Tese, cuja finalidade é construir um consórcio de docentes que tenham o interesse discutir e disseminar a formação docente no paradigma da aprendizagem ativa. Nesta publicação, que se encontra em fase de revisão multi autorial, estão organizados diversos conceitos e experiências sobre a aprendizagem ativa relacionados a preparação de docentes. A seguir apresentaremos alguns destes aspectos.

Qual é o perfil do docente para a abordagem de métodos ativos de aprendizagem?

Tendo o domínio dos conceitos e práticas básicos pertinentes a docência universitária, em uma proposta continuada e permanente de formação docente, voltada para espaços de aprendizagem ativa, orienta-se para o desenvolvimento das seguintes competências no professorado:

- saber avaliar processualmente;
- saber utilizar diferentes métodos de avaliação o que permitirá avaliar diferentes competências dos estudantes;
- ter clareza de sua intencionalidade pedagógica, ou seja, quais resultados de aprendizagem se objetiva alcançar;
- reconhecer que a aprendizagem é uma ação, que resulta numa mudança daquilo que se sabe, ou daquilo que se pode fazer ou daquilo que é valorizado pelo discente.

O que se pretende destacar aqui é a necessidade de construção, junto ao corpo docente, da noção de que o conceito de aprendizagem - e dizer aprendizagem ativa é, inclusive, uma tautologia já que aprender é uma ação ativa e nunca passiva - está estritamente relacionado à vivência de experiências significativas, que no contexto do ensino de engenharia, é facilmente identificada com a resolução de problemas reais, mas de relevância social, ambiental, tecnológica ou cultural.

Aqui não se pode deixar de chamar atenção que um erro comum que se pode chegar quando se faz referência para a formação docente para espaços de aprendizagem ativa é o domínio de técnicas de ensino-aprendizagem denominadas “mão-na-massa”. O fazer no contexto de espaços de aprendizagem ativa deve estar sempre acompanhado de atividade reflexiva, do domínio científico-teórico de determinada área do conhecimento, porque do contrário, se somente houver o “mão-na-massa”, perde-se a formação de nível superior, caindo-se em mero tecnicismo. É preciso que docentes e discentes tenham, portanto, pensamento crítico em relação aos saberes que são construídos e reconstruídos na formação de nível superior.

Em síntese, pode-se elencar cinco ações importantes para o docente em ambientes de aprendizagem ativa:

- saber observar (as ações, palavras, posturas dos discentes);
- saber ouvir (escuta ativa que culmina em dar retornos aos discentes);
- saber questionar (fazer perguntas que levam aos discentes à reflexão, a dúvida e outros questionamentos);
- saber interpretar de forma dinâmica e criativa, inspirando e engajando os discentes em novas ações e reflexões, em um círculo contínuo;
- ter empatia pelos discentes, buscando sempre compreendê-los em suas dificuldades, medos, fragilidades e motivações.

Essas características, presentes no corpo docente, corroboram para a construção da autonomia intelectual do discente.

Como construir objetivos de aprendizagem orientada por taxonomias de objetivos educacionais?

Primeiramente, é necessário identificar as ideias, noções prévias dos estudantes acerca de determinada temática/conteúdo programático. Essa identificação é importante porque permite ao docente também identificar as representações e expectativas dos estudantes, favorecendo a motivação para que se engajem em determinada atividade de aprendizagem. Compete aqui, sobretudo ao docente, como interlocutor qualificado e perito em determinada área de saber, fazer a devida ponte para que os estudantes partam dos seus conhecimentos prévios e cheguem ao domínio

daqueles conhecimentos culturalmente validados, objeto de ensino de um componente curricular.

Finalizada essa abordagem inicial, para estabelecer os objetivos de aprendizagem, o docente deve identificar as ideias/conceitos centrais que devem ser trabalhados em determinado tópico, para então definir as questões essenciais e por fim, elaborar os objetivos de aprendizagem. Nesse ponto, o docente deverá responder às seguintes perguntas:

- o que o estudante, ao final deste tópico, deve ser capaz de conhecer?
- tendo o domínio desse conhecimento, quais ações podem ser realizadas para resolver um problema X?
- quais outros saberes e quais outras ações o estudante pode mobilizar para resolver o problema X de forma mais eficiente, social, ambientalmente e culturalmente responsável?

Portanto, além da atividade cognitiva mais básica como conhecer, lembrar, definir, o docente deve inserir em seu planejamento ações que exijam um nível cognitivo mais elevado, como avaliar, aplicar e criar, por exemplo.

Ambientes para a formação docente para desenvolver a aprendizagem ativa

Criação de Programas (modulares, com intervalos para a devida aplicação/reflexão/avaliação da prática docente) com período fixos organizados pelas instituições de ensino que permitem a construção/reflexão de conceitos pertinentes a atividade docente, além da troca de experiências entre colegas docentes de

mesma área de conhecimento, da mesma instituição, mas também de áreas diferentes e instituições diferentes. Essa interlocução pode ser muito rica à medida que favorece a multidisciplinaridade, interdisciplinaridade e, nos formatos mais avançados, a transdisciplinaridade. Cabe ressaltar que os próprios programas de formação docente devem ser permeados pelas práticas e conceitos de aprendizagem ativa.

Cabe destacar que além da formação (ensino), a atividade de pesquisa voltada às questões de como o aluno aprende? como engajar a aprendizagem dos estudantes de ensino superior? como avaliar? entre outros também contribuem para a qualificação docente. Nesse sentido, o incentivo a pesquisas sobre educação em engenharia também é uma rica estratégia para a devida qualificação do corpo docente.

Outro desafio é observar um equilíbrio entre melhoria e excesso de atividade, pois pode reverter o efeito motivador.

Referências

AL-ZOUBI, A. Y.; JESCHKE, S.; PFEIFFER, O. Mobile Learning in Engineering Education : The Jordan Example. In: *The International Conference on E-Learning in the Workplace 2010*. [S.l.: s.n.], 2010. p. 1–7. [37](#)

ALVES, G. R. C. et al. Práticas pedagógicas para o desenvolvimento da inovação na engenharia - abordagens por projetos. In: OLIVEIRA, V. F. de; TONINI, A. M.; SANTOS, S. R. (Ed.). *DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA: Formação Acadêmica e atuação Profissional, Práticas Pedagógicas e Laboratórios Remotos*. Brasília: ABENGE, 2016. cap. 2, p. 46–125. ISBN 978-85-64541-10-8. [143](#)

ANDÚJAR, J. M.; MEJIAS, A.; MARQUEZ, M. A. Augmented reality for the improvement of remote laboratories: An augmented remote laboratory. *IEEE Transactions on Education*, v. 54, n. 3, p. 492–500, 2011. ISSN 00189359. [37](#)

ARCHER, W.; DAVISON, J. Graduate employability: What do employers think and want. *The Council for Industry and Higher Education*, p. 1–20, 2008. Disponível em: <http://www.voced.edu.au/word/18814>. [27](#)

AUTOR, D. H.; LEVY, F.; MURNANE, R. J. The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 118, n. 4, p. 1279–1333, 2003. ISSN 0033-5533. [29, 30](#)

AZEVEDO, R. et al. Why is externally-facilitated regulated learning more effective than self-regulated learning with hypermedia? *Educational Technology Research and Development*, v. 56, n. 1, p. 45–72, 2008. ISSN 10421629. [37](#)

- BACK, N. et al. *Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem*. São Paulo: Manole, 2008. 601 p. ISBN 9788520422083. [53](#), [61](#), [94](#)
- BARBIERI, J. C. et al. Inovação E Sustentabilidade : Novos Modelos E Proposições. *Revista de Administração de Empresas da Fundação Getúlio Vargas*, v. 2, n. 2, p. 146–154, 2010. ISSN 0034-7590. [29](#)
- BARROWS, H. S. Problem based learning in medicine and beyond: A brief overview. *New Directions for Teaching and Learning*, n. 68, p. 3–12, 1996. [75](#)
- BAZARIAN, J. *O Problema da verdade - Teoria do conhecimento*. 2ª. ed. São Paulo: Editora Alfa Omega, 1985. 224 p. [52](#)
- BAZARIAN, J. *Intuição Heurística - uma Análise Científica da Intuição Criadora*. 3ª. ed. São Paulo: Alfa Omega, 1986. 120 p. ISBN 8529501365. [52](#), [55](#), [88](#), [91](#)
- BERNUY, M. A. C. et al. ANÁLISE E ADEQUAÇÃO METODOLÓGICA EM UMA DISCIPLINA DE INTRODUÇÃO À ENGENHARIA BASEADA EM PROJETOS. In: *XLIV CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA*. Natal: ABENGE, 2016. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/3/anais/anais/159644.pdf>. [142](#)
- BERNUY, M. A. C.; RAMOS, D. C.; MORENO, U. F. METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS EDUCACIONAIS - ANÁLISE PARA NAVEGAÇÃO REATIVA DE ROBÔS MÓVEIS. In: *XLIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - Aprendizagem Ativa: Engenheiros colaborativos para um mundo competitivo*. São Bernardo do Campo: ABENGE, 2015. [142](#)
- BLOCK, D. Globalization, transnational communication and the Internet. *International Journal on Multicultural Societies (IJMS)*, v. 6, n. 1, p. 13–28, 2004. ISSN 1564-4901.

- Disponível em: <<http://portal.unesco.org/ci/wsis/tunis/stand/content/c/MultilingualismInCyberspace/Globalization,TransnationalCommunicationandtheInternet.pdf>>. 26, 32
- BOKOVA, I. *Engineering : Issues Challenges and Opportunities for Development*. Paris, 2010. 396 p. 33
- BRAGA, R. *Transformar 2014 - Ryon Braga*. 2014. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=9pR8hdNQNtY&feature=youtu.be&list=PL-Etg8TyJtnD3Z7HBTwOdonXZr8>>. 33, 35
- BRASIL. *Lei de diretrizes e bases da educação nacional*. 1996. 28 p. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/03/Leis/L9394>>. 38
- BROWN, T.; ROWE, P. G. Design thinking. *Harvard Business Review*, v. 86, n. 6, p. 252, 2008. ISSN 00178012. 47, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 64, 87, 93, 94
- BROWN, T.; WYATT, J. Design Thinking for Social Innovation. *Stanford Social Innovation Review*, p. 30–35, 2010. ISSN 10878572. 52
- BRUSILOVSKY, P. From Adaptive Hypermedia to the Adaptive Web. *Mensch & Computer Interaktion in Bewegung. Stuttgart: B. G. Teubner*, p. 21–24, 2003. ISSN 00010782. 36
- BUIJS, J. Modelling Product Innovation Processes, from Linear Logic to Circular Chaos. *Creativity and Innovation Management*, v. 12, n. 2, p. 76–93, 2003. 51, 62
- BUZAN, T. *MAPAS MENTAIS*. Rio de Janeiro: SEXTANTE, 2009. 96 p. ISBN 9788575424933. 54, 92
- BUZAN, T. *Use sua mente: Como desenvolver o poder do seu cérebro*. São Paulo: INTEGRARE EDITORA, 2012. 216 p. ISBN 978-85-99362-97-6. 54
- CARLETTO, M. R.; LINSINGEN, I. von; DELIZOICOV, D. Contribuições a uma educação para a sustentabilidade.

- In: *I Congresso Iberoamericano de Ciencia, Tecnologia, Sociedad e Innovación - CTS + I*. Palacio de Minería: Organización dos Estados Ibero-americanos, 2006. p. 1–15. ISBN 0042901103. ISSN 18632661. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21979451>>. 91
- CARLSSON-PAIGE, N.; LANTIERI, L. A Changing Vision of Education. In: NODDINGS, N. (Ed.). *Educating citizens for global awareness*. New York: Teachers College Press, 2005. cap. 7, p. 107–121. ISBN 0807745340. 72
- CHEN, C. M.; LEE, H. M.; CHEN, Y. H. Personalized e-learning system using Item Response Theory. *Computers and Education*, v. 44, n. 3, p. 237–255, 2005. ISSN 03601315. 37
- CHEN, C. M.; LIU, C. Y.; CHANG, M. H. Personalized curriculum sequencing utilizing modified item response theory for web-based instruction. *Expert Systems with Applications*, v. 30, n. 2, p. 378–396, 2006. ISSN 09574174. 37
- CHESBROUGH, H. Open Innovation: A New Paradigm for Understanding Industrial Innovation. *Open innovation: researching a new paradigm*, p. 1–25, 2006. ISSN 19981643. 52
- Chincaro Bernuy, M. A. ANALISE DE UMA DISCIPLINA DE INTRODUÇÃO À ENGENHARIA BASEADA EM PROBLEMAS. In: *Anais Virtuais do V Congresso Internacional de Educação - Metodologias de Aprendizagem, Tecnologias e Inovação da Educação*. Foz do Iguaçu: UNIAMERICA, 2015. p. 676–679. ISSN 2177-8604. Disponível em: <<http://uniamerica.br/hotsite/2015/congressoeducacao/pdf/anais.pdf>>. 32, 142
- Chincaro Bernuy, M. A. et al. Desenvolvimento de Inovação Tecnológica no Setor Produtivo no Contexto da Epistemologia do Conhecimento Tecnológico e as Estruturas de Ensino. *International Journal of Knowledge Engineering and Management (IJKEM)*, v. 5, n. 12, p. 68–85, 2016. Disponível em: <<http://incubadora.periodicos.ufsc.br/index.php/IJKEM>>. 143

Chincaro Bernuy, M. A. et al. O ENSINO DE ENGENHARIA E AS PRÁTICAS SOCIAIS DE REFERÊNCIA : ESTUDO DE CASO SOBRE OS CONCEITOS DE CAPACITÂNCIA E CAPACITOR. In: *XLIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - Aprendizagem Ativa: Engenheiros colaborativos para um mundo competitivo*. São Bernardo do Campo: ABENGE, 2015. 142

CHINCARO, M. A. C. B. et al. Desenvolvimento de Inovação Tecnológica no Setor Produtivo no Contexto da Epistemologia do Conhecimento Tecnológico e as Estruturas de Ensino. In: *Sustentabilidade, Gestão do Conhecimento e Aprendizagem Organizacional*. Florianópolis: Fourth International Conference on Design, Engineering and Management for Innovation, 2015. p. 10. Disponível em: <<http://limonadadesign.com.br/idemi2015/anais/05/1723.pdf>>. 61

CHRISTENSEN, C. M. *The Innovator's Dilemma*. Boston: Harvard Business School Press, 1997. 179 p. ISBN 0-87584-585-1. 47, 51

CLEGG, B. T. Building a holarchy using business process-oriented holonic (PrOH) modeling. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part A: Systems and Humans*, v. 37, n. 1, p. 23–40, 2007. ISSN 1083-4427. 36

CLUNE, S. J.; LOCKREY, S. Developing environmental sustainability strategies, the Double Diamond method of LCA and design thinking: a case study from aged care. *Journal of Cleaner Production*, v. 85, p. 67–82, dec 2014. ISSN 09596526. 60

CNE/CES. *Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia*. CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO CÂMARA DE EDUCAÇÃO SUPERIOR, 2002. 4 p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>>. 39

COHEN, A. A Process-Oriented Approach to Learning Process-Oriented Counselling Skills in Groups. *Canadian*

Journal of Counselling, v. 38, n. 3, p. 152–164, 2004. Disponível em: <<http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ719906.pdf>>. 36

COLLER, B.; SCOTT, M. Effectiveness of using a video game to teach a course in mechanical engineering. *Computers & Education*, Elsevier Ltd, v. 53, n. 3, p. 900–912, 2009. ISSN 03601315. 37

CONNOLLY, T. M.; STANSFIELD, M.; HAINEY, T. An application of games-based learning within software engineering. *British Journal of Educational Technology*, v. 38, n. 3, p. 416–428, 2007. ISSN 00071013. 37

COSENZA, R. M.; GUERRA, L. B. *Neurociência e Educação*. Porto Alegre: Artmed, 2011. 151 p. 32

CRAWLEY, E. et al. *Rethinking Engineering Education - The CDIO Approach*. New York: Springer, 2007. 279 p. ISSN 0717-6163. ISBN 9780874216561. 36

CROUCH, C. H.; MAZUR, E. Peer Instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, v. 69, n. 9, p. 970–977, 2001. ISSN 00029505. 36

CUBAN, L. *How teachers taught*. 1st. ed. New York: Longman, 1984. 306 p. ISBN 0-582-28481-3. 34, 35, 84

De Corte, E.; VERSCHAFFEL, L. Research on the Teaching and Learning of Mathematics: Some Remarks from a European Perspective. In: LEUVEN UNIV. *Annual Meeting of the American Educational Research Association*. San Francisco, 1986. p. 26. 36

De Corte, E.; VERSCHAFFEL, L.; MASUI, C. The CLIA-model: A framework for designing powerful learning environments for thinking and problem solving. *European Journal of Psychology of Education*, v. 19, n. 4, p. 365–384, 2004. ISSN 02562928. 36

DESIGN COUNCIL. Eleven lessons: managing design in eleven global brands - A Study of the Design Process. *Design Council*, p. 1–144, 2005. 56, 60, 61, 87, 94

- DOPPELT, Y. Assessing creative thinking in design-based learning. *International Journal of Technology and Design Education*, v. 19, n. 1, p. 55–65, 2009. ISSN 09577572. 74
- DOWBOR, L. Inovação social e sustentabilidade. *Economia Global e Gestão*, v. 12, n. 2, p. 9–33, 2007. ISSN 0873-7444. 30, 91
- DRUHAM, E. R. et al. *Crítérios para autorização e reconhecimento de cursos de Instituições de Ensino Superior*. Brasília, 1999. 1–8 p. 40
- DU, X.; GRAAFF, E. D.; KOLMOS, A. Diversity of PBL–PBL Learning Principles and Models. In: DU, X.; GRAAFF, E. D.; KOLMOS, A. (Ed.). *Research on PBL Practice in Engineering Education*. Rotterdam: Sense, 2009. v. 4, cap. 1, p. 9–21. ISBN 9789087909307. 76
- DYM, C. L. et al. Engineering Design Thinking, Teaching and Learning. *Journal of Engineering Education*, n. January, p. 103–120, 2005. 74
- EBNER, M.; HOLZINGER, A. Successful implementation of user-centered game based learning in higher education: An example from civil engineering. *Computers and Education*, v. 49, n. 3, p. 873–890, 2007. ISSN 03601315. 37
- EPPINGER, S. D. et al. A Model-Based Method for Organizing Tasks in Product Development. *Research in Engineering Design*, v. 6, p. 1–13, 1994. 64
- ERIKSEN, T. H. *Ethnicity and Nationalism. Anthropological Perspectives. 3rd Edition*. Third edit. New York: Pluto Press, 2010. 257 p. ISBN 0745307000 (hbk)\r0745307019 (pbk). Disponível em: <www.plutobooks.com>. 26
- FAROOQUI, R. U.; AHMED, S. M. Designing for Quality: An Empirical Study of Design Quality Indicator (DQI) Tool. In: *7th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*. San Cristóbal: LACCEI, 2009. p. 1–7. 56

FEENBERG, A. Racionalização democrática, poder e tecnologia. In: NEDER, R. T. o. (Ed.). *Ciclo de conferências e videoconferências na UNB*. Brasília: Observatório do Movimento pela Tecnologia Social na América Latina/Centro de Desenvolvimento Sustentável, 2010. p. 282. ISBN 2175.2478. 70

FELDER, R.; SILVERMAN, L. Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering education*, v. 78, n. June, p. 674–681, 1988. ISSN 01905848. 36, 38

FELDER, R. M.; FELDER, G. N.; DIETZ, E. J. The effects of personality type on engineering student performance and attitudes. *Journal of Engineering Education*, v. 91, n. 1, p. 3–17, 2002. ISSN 10694730. 36

FINOCCHIO JÚNIOR, J. *Project Model Canvas: Gerenciamento de Projetos sem Burocracia*. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2014. 229 p. ISBN 978-85-352-7456-1. 55, 94

FOSTER-FISHMAN, P. G. et al. Building Collaborative Capacity in Community Coalitions: A Review and Integrative Framework. *American Journal of Community Psychology*, v. 29, n. 2, p. 241–261, 2001. ISSN 00910562. 56, 77

FREIRE, L.; HERRERO, T. Por um Setor Zero. *Revista Página 22*, São Paulo, n. Centro de Estudos em Sustentabilidade, p. 16–20, aug 2012. 56

FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. 17^a. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987. 107 p. ISBN 9788577530168 8577530167. Disponível em: <<http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/revedutec-ct/article/view/1007>>. 92

FROYD, J. E.; WANKAT, P. C.; SMITH, K. a. Five major shifts in 100 years of engineering education. *Proceedings of the IEEE*, v. 100, n. SPL CONTENT, p. 1344–1360, 2012. ISSN 00189219. 35

GAEBLER, D. M.; SANTOS, C. T. dos. COLOCANDO EM PRÁTICA O DESIGN THINKING : ferramentas

projetuais para inovar com sucesso. In: *Teoria e Metodologia do Design, DP Métodos e Ferramentas de Design*. Florianópolis: Fourth International Conference on Design, Engineering and Management for Innovation, 2015. p. 1–13. 64, 65

GARMSTON, R. J.; WELLMAN, B. M. *The Adaptive School: A Sourcebook for Developing Collaborative Groups*. 2^o. ed. Plymouth: Rowman & Littlefield Publishers, 2013. 354 p. (Adaptive School). ISBN 9781442224001. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=DyH9T13DtWsC>>. 56, 91

GODIN, B. Innovation and Creativity: A Slogan, Nothing but a Slogan. 2014. 48, 50

GOLEMAN, D. What Makes a Leader? *Harvard Business Review*, p. 82–91, 1998. 54

GORP, A. van; POEL, I. van de. Ethical considerations in engineering design processes. *IEEE Technology and Society Magazine*, IEEE Journals & Magazines, v. 20, n. 3, p. 15–22, 2001. ISSN 02780097. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=952761>>. 89

GRAAFF, E. de; KOLMOS, A. History of Problem-Based and Project-Based Learning. In: *Management of change: Implementation of Problem-based and Project-Based Learning in Engineering*. Rotterdam: Sense, 2007. cap. Setting th, p. 1–8. ISBN 9087900139. 74, 75, 76, 115

GRAF, S. et al. In-Depth Analysis of the Felder-Silverman Learning Style Dimensions. *Journal of Research on Technology in Education*, v. 40, n. 1, p. 79–93, 2007. ISSN 1539-1523. Disponível em: <<http://epub.cnki.net/grid2008/brief/detailj.aspx?filename=TJNK200901016{&}dbname=CJFAQ2>>. 36

GUEDES, F. C.; CAMPOS, L. B. P.; BRAGA, R. A. d. S. Actions on First Term Disciplines Aiming to Decrease Dropout Rate of the Computer Engineering Course. In: *12th Active Learning in Engineering Education Workshop*. Caxias do Sul: Active Learning in Engineering Education, 2014. p. 158–169. 32

GUNASEKARAN, a. Agile manufacturing: Enablers and an implementation framework. *International Journal of Production Research*, v. 36, n. 5, p. 1223–1247, 1998. ISSN 0020-7543. 56

HAINES, T. et al. Evaluation of a game to teach requirements collection and analysis in software engineering at tertiary education level. *Computers and Education*, v. 56, n. 1, p. 21–35, 2011. ISSN 03601315. 37

HANSEN, M. T.; BIRKINSHAW, J. The Innovation Value-Chain. *Harvard Business Review*, n. June, p. 14, 2007. 50

Helen Sanderson Associates. Using Person-Centred Practices in Schools. 2013. Disponível em: <personalisingeducation.org>. 36

HISSEY, T. W. Education and careers 2000. Enhanced skills for engineers. *Proceedings of the IEEE*, v. 88, n. 8, p. 1367–1370, 2000. ISSN 00189219. 26

HUNTER, J. C. O monge e o executivo. *Rio de Janeiro: Sextante*, p. 103, 2004. Disponível em: <<http://eugostodelivro.yolasite.com/resources/Livro-Omongeeoexecutivo.pdf>>. 87

IDEO. *IDEO METHOD CARDS.pdf*. 2003. Disponível em: <978-0954413217>. 93, 115

IZMESTIEV, D. Personalized Learning: a New Ict-Enabled Education Approach. *UNESCO Institute for Information Technologies in Education*, n. March, p. 12, 2012. 36

JOHANSSON-SKÖLDBERG, U.; WOODILLA, J.; ÇETINKAYA, M. Design thinking: Past, present and possible futures. *Creativity and Innovation Management*, v. 22, n. 2, p. 121–146, 2013. ISSN 14678691. 66

JOHNSON, L. et al. *Horizon Report - 2016 Higher Education Edition*. Austin: The New Media Consortium, 2016. 1–52 p. ISBN 978-0-9968527-5-3. 93

- KAUFMANN, H.; DUENSER, A. Summary of usability evaluations of an educational augmented reality application. *ICVR'07 Proceedings of the 2nd international conference on Virtual reality*, v. 4563, p. 660–669, 2007. ISSN 03029743. 37
- KEELEY, B. *Human Capital: How what you know shapes your life*. Paris: OECD Publications, 2007. 1–147 p. ISBN 92-64-02908-7. Disponível em: <http://www.oecd-ilibrary.org/education/human-capital{_}9789264029095>. 32
- KOLMOS, A. Estrategias para desarrollar currículos basados en la formulación de problemas y organizados en base a proyectos. *Educar*, n. 33, p. 77–96, 2004. ISSN 0211-819X. 74
- KUSSMAUL, C. *Process Oriented Guided Inquiry Learning*. 2014. Disponível em: <<https://pogil.org/>>. 36
- LEACH, M. et al. Transforming innovation for sustainability. *Ecology and Society*, v. 17, n. 2, 2012. ISSN 17083087. 32
- LEVY, F.; MURNANE, R. J. Dancing with Robots: Human Skills for Computerized Work. *Third Way NEXT*, n. July, p. 35, 2013. 28, 29, 30
- LIMA, J. P. H.; GUIMARÃES, C. d. C. Methodology for desiging biomedical engineering problems related to specific abilities and competences: PUCSP case study. In: *International Symposium on Project Approaches in Engineering Education*. São Paulo: PAEE, 2012. p. 41–47. 67, 74, 93
- LOURAL, C. d. A.; ROSSI, G. L. Impacto da evolução das TICs nas competências e habilidades dos profissionais de telecomunicações. In: CPQD. *Fundação CPqD Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações*. Campinas: ANATEL, 2009. p. 14. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br/Portal/documentos/sala{_}imprensa/19-9-2011--16h50min21s-490> 30
- MARTIN, R. *Design de Negócios*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 208 p. ISBN 8535237739. 52, 66

- MARTIN, R.; AUSTEN, H. The Art of Integrative Thinking. *Rotman Management*, p. 2 – 5, 1999. ISSN 16625161. 51
- MASON, L.; BOLDRIN, A.; ARIASI, N. Searching the Web to learn about a controversial topic: Are students epistemically active? *Instructional Science*, v. 38, n. 6, p. 607–633, 2010. ISSN 00204277. 93
- MAYER-SCHÖNBERGER, V.; HURLEY, D. Globalization of Communication. In: *Governance in a Globalizing World*. Washington: Brookings Institution Press, 2000. p. 135–154. 26
- MAZUR, E. *Livro Peer Instruction A*. Porto Alegre: Penso, 2015. 272 p. ISBN 9788584290628. 36
- MEC. Referenciais nacionais dos cursos de engenharia. n. 61, p. 23, 2014. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/referenciais.pdf>>. 41
- MELLES, G.; HOWARD, Z.; THOMPSON-WHITESIDE, S. Teaching design thinking: Expanding horizons in design education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 31, n. 2011, p. 162–166, 2012. ISSN 18770428. 73
- MESQUITA, D. et al. Resignificação do ensino para a formação de novos engenheiros: das estratégias ativas de aprendizagem ao mundo contemporâneo. In: Vanderlí Fava de Oliveira, O. M. e. M. J. T. (Ed.). *DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA: Processos de Ingresso, Perfil do Professor, Aprendizagem Multidisciplinar, Inovação e Proposições*. Brasília: ABENGE, 2015. cap. 3, p. 69–122. ISBN 978-85-64541-08-5. 142
- MILLER, J. J. P. Making connections through holistic learning. *The Spirit of Education*, v. 56, n. 4, p. 46–48, 1998. ISSN 00131784. 72
- MORIARTY, G. Three kinds of ethics for three kinds of engineering. *IEEE Technology and Society Magazine*, v. 20, n. 3, p. 31–38, 2001. ISSN 02780097. Disponível em:

<<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=952763>>. 89

MOTOYAMA, S. Educação Técnica e Tecnológica em Questão. Os caminhos do passado, presente e futuro. À guisa de introdução. In: QUEIROZ, F. A. de; TAIRA, L.; NAGAMINI, M. (Ed.). *Educação técnica e tecnológica em questão. 25 anos do CEETEPS : história vivida*. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995. cap. 2, p. 11–80. ISBN 85-7139-101-7. 69

NARANJO, C. *Mudar a Educação para Mudar o Mundo*. Brasília: Verbena, 2015. 352 p. ISBN 978-85-64857-21-6. 38, 56, 87, 90, 92

NEUMEIER, M. *A empresa orientada pelo design*. P: Bookman, 2010. 208 p. ISBN 9780321580061. 52

NOLL, J.; SCACCHI, W. Specifying process-oriented hypertext for organizational computing. *Journal of Network and Computer Applications*, v. 24, n. 1, p. 39–61, 2001. ISSN 10848045 (ISSN). 36

NONAKA, I.; TOYAMA, R.; HIRATA, T. *Managing flow: teoria e casos para empresas baseadas no conhecimento*. 2nd. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 304 p. ISBN 9788577807932. 28, 93, 94

NONAKA, I.; TOYAMA, R.; KONNO, N. SECI, Ba and Leadership: a Unified Model of Dynamic Knowledge Creation. *Long Range Planning*, v. 33, n. 1, p. 5–34, feb 2000. ISSN 00246301. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0024630199001156>>. 52, 59, 87

OAKLEY, B.; SEJNOWSKI, T. *Learning How to Learn: Powerful mental tools to help you master tough subjects - Universidade da Califórnia, San Diego | Coursera*. 2016. Disponível em: <<https://www.coursera.org/learn/learning-how-to-learn>>. 36

- PAGE, A. L.; SCHIRR, G. R. Growth and Development of a Body of Knowledge: 16 Years of New Product Development Research, 1989–2004. *Journal of Product Innovation Management*, v. 25, p. 233–248, 2008. ISSN 0737-6782. 51
- PARMENTER, D. *Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs*. 3ª. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2015. 448 p. ISBN 9781118925102. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=bKkxBwAAQBAJ>>. 56, 87
- PARREIRA, L. C. A. *Interfaces entre a gestão social e a educação : Estudo de caso no centro popular de cultura e desenvolvimento - CPCD*. 123 p. Tese (Dissertação de Mestrado em Administração) — Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2014. 56
- PASCUAL, R. Enhancing Project-Oriented Learning by Joining Communities of Practice and Opening Spaces for Relatedness. *European Journal of Engineering Education*, v. 35, n. 1, p. 3–16, 2010. ISSN 0304-3797. 91
- PERRENOUD, P. *Avaliação - Da Excelência à Regulação das Aprendizagens: entre duas lógicas*. Porto Alegre: Artmed Editora, 1999. 184 p. ISBN 9788573075441. 94
- PINHEIRO, T.; ALT, L. *Design Thinking Brasil*. [S.l.]: Elsevier, 2011. 229 p. ISBN 978-85-352-4567-7. 54, 90
- RAJALA, S. A. Beyond 2020: Preparing engineers for the future. *Proceedings of the IEEE*, v. 100, p. 1376–1383, 2012. ISSN 00189219. 26, 35
- RALPHS, J.; SMITH, T. *Person-centred practices*. 2016. Disponível em: <<http://www.personalisingeducation.org/person-centred-practices/>>. 36
- RIGBY, C. *How software that learns as it teaches is upgrading Brazilian education*. 2016. Disponível em: <<http://www.theguardian.com/technology/2016/jan/10/geekie-educational-software-brazil-machine-learning>>. 36

- RODRIK, D. The Globalisation Paradox. *Journal of Interdisciplinary Studies*, n. July, p. 1–3, 2013. 26
- ROSENBERG, M. B. *Nonviolent Communication: A Language of Life*. 2nd. ed. Encinitas, CA: PuddleDancer Press,, 2003. 240 p. ISSN 10444068. ISBN 978-1-892005-37-3. Disponível em: <<http://books.google.com/books?id=nY4tDDO93E8C{&}pgi>>. 116
- ROZENFELD, H. et al. *Gestão do Processo de Desenvolvimento de Produtos: Uma Referência para a Melhoria do Processo*. São Paulo: Saraiva, 2006. 541 p. ISBN 9788502054462. 94
- RYAN, R. M.; DECI, E. L. Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology*, v. 25, n. 1, p. 54–67, 2000. ISSN 0361476X. 86
- RYAN, R. M.; DECI, E. L. Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being. *American Psychologist*, v. 55, n. 1, p. 68 – 78, 2000. Disponível em: <https://www.uvi.edu/files/documents/College{_}of{_}Liberal{_}Arts{_}and{_}Social{_}Sciences/social{_}sciences/OSDCD/National{_}Self{_}Determination{_}Ri>. 86
- RYOKAI, K.; AGOGINO, A. M.; OEHLBERG, L. Mobile Learning with the Engineering Pathway Digital Library. *International Journal of Engineering Education*, v. 28, n. 5, p. 1119–1126, 2012. ISSN 0949149X. 37
- SAREN, M. A. A classification and review of models of the intra-firm innovation process. *R&D Management*, v. 14, n. 1, p. 11–24, 1984. ISSN 0033-6807. 61, 90
- SCHUMPETER, J. A. *A Teoria do Desenvolvimento Econômico - UMA INVESTIGAÇÃO SOBRE LUCROS, CAPITAL, CRÉDITO, JURO E O CICLO ECONÔMICO*. São Paulo: Editora Nova Cultural Ltda, 1997. 229 p. ISBN 8535109153. 49

- SCHUNK, D. H. *Learning theories: an educational perspective*. 6th. ed. Boston: Pearson Education, 2012. 574 p. ISSN 013707195-7. ISBN 978013707195-1. 49, 85, 86
- SHUM, S. B. Learning Analytics. *UNESCO Institute for Information Technologies in Education*, n. November, p. 12, 2012. ISSN 2150-6000. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23297435>>. 36
- SILVEIRA, M. A. da. *A FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO INOVADOR uma visão internacional*. Rio de Janeiro: Sistema Maxwell, 2005. 147 p. ISBN 8590565823. 26, 66
- SIMMONS, B. A.; ELKINS, Z. The Globalization of Liberalization: Policy Diffusion in the International Political Economy. *The American Political Science Review*, v. 98, n. 1, p. 171–189, 2004. ISSN 0003-0554. 26
- SIMONE, D. V. D. Education for innovation. *IEEE Spectrum*, v. 5, n. 1, p. 83–89, 1968. ISSN 0018-9235. 26
- SNYDER, C. *Paper Prototyping: The Fast and Easy Way to Design and Refine User Interfaces*. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2003. 378 p. (Interactive Technologies Series). ISBN 9781558608702. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=YgBojJsVLGMC>>. 56
- SOARES, J. F. *Portaria INEP 246 de 02 de junho de 2014*. 2014. 3 p. 40
- SQUIRE, K.; KLOPFER, E. Augmented Reality Simulations on Handheld Computers. *Journal of the Learning Sciences*, v. 16, n. 3, p. 371–413, 2007. ISSN 1050-8406. 37
- STERLING, S. Transformative Learning and Sustainability : sketching the conceptual ground. *Learning and Teaching in Higher Education*, n. 5, p. 17–33, 2010. 72, 91
- STONE, R. B. et al. ENGINEERING DESIGN : CREATION OF AN INTERDISCIPLINARY. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN, 19-21, August*. Stockholm: ICED 03, 2003. p. 1–11. 90

TAKAHASHI, R. H. C. *A Estrutura do Conhecimento Tecnológico do Tipo Científico*. Belo Horizonte: UFMG, 2009. 216 p. ISBN 9788570417657. 70

TEN CATE, O. et al. Orienting Teaching Toward the Learning Process. *Academic Medicine*, v. 79, n. 3, p. 219–228, 2004. ISSN 1040-2446. 36

THOMAS, H. Sessão 2 - Tecnologia, Desenvolvimento e Cidadania - Hernan Thomas - Ciclo II - CTS 2013. In: *Simpósio Internacional Ciência Tecnologia e Sociedade e a Produção de Conhecimento da Universidade - Ciclo II - CTS*. Brasília: YouTube, 2013. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Ru-0zM9ZqYw>>. 71, 72

VALLIM, M. B. R. Tese de Doutorado, *Um Modelo Reflexivo para Formação de Engenheiros*. 2008. 169p. Tese (Doutorado em Engenharia de Automação e Sistemas) - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis: Programa de Pós Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina, 2008. 169 p. 67, 96

VALLIM, M. B. R.; FARINES, J.-M.; CURY, J. E. R. Practicing engineering in a freshman introductory course. *IEEE Transactions on Education*, v. 49, n. 1, p. 74–79, 2006. ISSN 0018-9359. 93, 105, 107

VATE-U-LAN, P. Mobile learning: Major challenges for engineering education. In: *38th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*. New York: IEEE, 2008. p. T4F–11–T4F–16. ISBN 978-1-4244-1969-2. ISSN 15394565. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-78650759095&partnerID=tZOtx3y1http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=4720>>. 37

VERMUNT, J. D. The regulation of constructive learning processes. *British Journal of Educational Psychology*, v. 68, n. 2, p. 149–171, 1998. ISSN 00070998. 36

VIANNA, M. et al. *Design Thinking: Inovação em negócios*. Rio de Janeiro: MJV Press, 2012. 162 p. ISSN 1550-5138. ISBN 9788565424004. 52

VIGOTSKY, L. S. *O desenvolvimento psicológico na infância*. [S.l.]: Martins Fontes, 1998. 86

WEF. New Vision for Education Unlocking the Potential of Technology. In: *New Vision for Education: Unlocking the Potencial of Technology*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 1–32. 29

WINTERS, T. A framework for facilitating meta-learning as part of subject teaching. *The Future of Education*, 2013. 36

WIRTH, K. R.; PERKINS, D. Learning to learn. *Training Strategies for Tomorrow*, v. 16, n. 6, p. 13–16, dec 2002. ISSN 1369-7234. Disponível em: <<http://www.macalester.edu/geology/wirth/CourseMaterials.html><http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/13697230210816222>>. 36, 93

WOLTERING, V. et al. Blended learning positively affects students' satisfaction and the role of the tutor in the problem-based learning process: Results of a mixed-method evaluation. *Advances in Health Sciences Education*, v. 14, n. 5, p. 725–738, 2009. ISSN 13824996. 37, 93