

Série Ensino, Aprendizagem e Tecnologias

Caminhos para aplicação de práticas inovadoras de ensino para aprendizagem ativa na engenharia de transportes

Alejandro Ruiz-Padillo
Christine Tessele Nodari
Daniel Sergio Presta García
Vagner Stefanello


UFRGS
EDITORA

 **SEAD**
UFRGS
EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO
GRANDE DO SUL

Reitor

Carlos André Bulhões

Vice-Reitora e Pró-Reitora
de Coordenação Acadêmica

Patricia Helena Lucas Pranke

EDITORA DA UFRGS

Diretora

Luciane Delani

Conselho Editorial

Carlos Eduardo Espindola Baraldi

Janette Palma Fett

João Carlos Batista Santana

Luís Frederico Pinheiro Dick

Maria Flávia Marques Ribeiro

Otávio Bianchi

Patrícia Chittoni Ramos Reuillard

Virgínia Pradelina da Silveira Fonseca

Luciane Delani, presidente

Série Ensino, Aprendizagem e Tecnologias

Caminhos para aplicação de práticas inovadoras de ensino para aprendizagem ativa na engenharia de transportes

Alejandro Ruiz-Padillo
Christine Tessele Nodari
Daniel Sergio Presta García
Vagner Stefanello


UFRGS
EDITORA

 **SEAD**
UFRGS
EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

© dos autores

1.ª edição: 2021

Direitos reservados desta edição:

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Coordenação da Série:

Cíntia Kulpa, Tanara Forte Furtado e Marcello Ferreira

Coordenação da Editoração: Cíntia Kulpa e Ely Petry

Revisão: Equipe de Revisão da SEAD

Capa: Antonio Silveira e Ely Petry

Editoração eletrônica: Antonio Silveira e Jéssica Santos

A grafia desta obra foi atualizada conforme o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa, de 1990, que entrou em vigor no Brasil em 1º de janeiro de 2009.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.



C183 Caminhos para aplicação de práticas inovadoras de ensino para aprendizagem ativa na engenharia de transportes [recurso eletrônico] / Alejandro Ruiz-Padillo ... [et al.] ; coordenado pela SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2021.
260 p. : pdf

(Série Ensino, Aprendizagem e Tecnologias)

1. Engenharia. 2. Ensino superior. 3. Engenharia de transportes. 4. Processos de ensino-aprendizagem ativa. 4. Transportes. I. Ruiz-Padillo, Alejandro. II. Nodari, Christine Tessele. III. García, Daniel Sergio Presta. IV. Stefanello, Vagner. V. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Secretaria de Educação a Distância. VI. Série.

CDU 656:378

CIP-Brasil. Dados Internacionais de Catalogação na Publicação.
(Jaqueline Trombin – Bibliotecária responsável CRB10/979)

ISBN 978-65-5725-054-9

Agradecimentos

O professor Daniel Sergio Presta García agradece a todos os alunos, monitores e bolsistas que participaram da construção e consolidação do Projeto Ponto de Partida na Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS e na disseminação do projeto por outros centros acadêmicos.

O professor Alejandro Ruiz-Padillo e o acadêmico Vagner Stefanello agradecem o apoio do Fundo de Incentivo ao Ensino (FIEN) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e a colaboração dos alunos e professores da UFSM Campus Cachoeira do Sul que participaram das atividades de ensino/aprendizagem ativa e compartilharam suas experiências. Alejandro Ruiz-Padillo agradece também ao CNPq pelo apoio financeiro (Processo 308870/2018-2 e Processo 422635/2018-9).

A professora Christine Tessele Nodari agradece ao CNPq pelo apoio financeiro (Processo 311078/2018-4).

Sumário

Prefácio	11
1. Práticas de ensino/aprendizagem ativa	15
1.1 Project-Based Learning	28
1.2 Team-Based Learning	33
1.3 Jogos Educacionais	35
1.4 Sala de Aula Invertida	37
1.5 Avaliação 360 graus e entre pares	38
1.6 Síntese do Capítulo	40
Referências	41
2. Uma proposta integrada de PBL, TBL e jogos educacionais: o Projeto Ponto de Partida	47
2.1 Objetivos do Projeto Ponto de Partida	48
2.2 Metodologia	52

2.3 Atividades	112
2.4 Resultados da pesquisa de satisfação	153
2.5 Síntese do capítulo	163
Referências	164
3. Catálogo de experiências de ensino/ aprendizagem ativa na Engenharia de Transportes	171
3.1 Seminários das áreas de atuação do curso	174
3.2 Desafio do <i>Marshmallow</i>	178
3.3 Edital de licitação para desenho de projeto de Engenharia	183
3.4 Competição de Catapultas Medievais	189
3.5 Proposta de modo de transporte para a cidade	195
3.6 Competição de Pontes de Espaguete	199
3.7 Análise do tráfego de uma interseção urbana	203
3.8 Auditoria de sinalização viária	211
3.9 Análise e programação de uma interseção semaforizada	216
3.10 Exercício da NASA — Perdidos na Lua	225

Prefácio

O mundo dos transportes é muito antigo, complexo e ainda carente de aplicações de modernas tecnologias que possam colaborar no encaminhamento de soluções para melhoria dos deslocamentos, tanto nas áreas urbanas como no meio rural.

Assim, ao receber a honrosa missão de prefaciар o livro *Caminhos para aplicação de práticas inovadoras de ensino para aprendizagem ativa na engenharia de transportes*, fiquei duplamente satisfeito pela constatação de que a obra preenche certas deficiências existentes na área de ensino e pela qualidade dos autores, todos meus colegas do Laboratório de Sistemas de Transportes da UFRGS, conceituados docentes e especialistas na área da Engenharia de Transportes.

O ensino da Engenharia de Transportes bem como o da Engenharia, de uma maneira geral, tem sido criti-

cado pela alta carga de conteúdo teórico com poucos espaços dedicados às atividades práticas. Poucas ações são observadas no sentido de atenuar este desequilíbrio.

Além do conhecimento específico, o mercado está a exigir do profissional outros atributos tais como melhor comunicação, flexibilidade, resiliência, liderança e capacidade para o trabalho em equipe.

Além do aspecto técnico, a área de transportes tem uma característica humanística considerável, pois os deslocamentos ao longo das vias são feitos por pessoas e cargas cuja finalidade é atender variadas necessidades, muitas vezes com interesses carregados de conflitos. Portanto, engenheiros de transportes devem ser investigativos, sociais e realistas.

Neste sentido, o livro atende muito bem às demandas mencionadas, pois apresenta técnicas práticas de: *Aprendizagem Baseada em Projetos*; *Aprendizagem Baseada em Equipes*; *Jogos Educacionais* e *Sala de Aula Invertida*.

Na segunda parte do livro está descrita, com riqueza de detalhes, uma experiência desenvolvida que integra os métodos: *Aprendizagem Baseada em Projetos*; *Aprendizagem Baseada em Equipes* e *Jogos Educacionais*. É o chamado Projeto Ponto de Partida que consiste na elaboração de um projeto real da geometria e da terraplenagem de uma estrada.

Na terceira parte do livro, constam algumas outras experiências de utilização destes métodos em disciplinas de graduação da Universidade Federal de Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul onde é ministrado o Curso de Graduação de Transportes e Logística. O relato das experiências práticas enseja a formação de um guia com a descrição e os resultados dos exemplos de aplicação das técnicas. Este material será de

grande valia, particularmente para professores que queiram melhorar suas práticas de ensino/aprendizado.

Busca-se a possibilidade de o aluno de graduação atuar como um verdadeiro engenheiro, coordenando, decidindo, fiscalizando e montando um projeto em um cenário do mundo real. As equipes de alunos disputam a condição de constituir o melhor trabalho, simulando uma Concorrência Pública.

O Projeto Ponto de Partida é uma versão moderna, seguramente uma das melhores do Brasil, do antigo Projeto de Estradas que iniciou nos primeiros anos da Escola de Engenharia da UFRGS, fundada em 1896.

Este livro, ora apresentado constitui um material fundamental para consulta de professores e alunos da área de transportes e do público acadêmico em geral que poderá aproveitar o trabalho profundo, sério e claro desenvolvido pelos professores autores.

João Fortini Albano

Engenheiro civil

Doutor em Sistemas de Transportes e Logística / UFRGS

1

Práticas de ensino/ aprendizagem ativa

Os padrões de ensino-aprendizagem no nível superior vêm mudando constantemente nos últimos anos no Brasil, incorporando desafios e oportunidades para o desenvolvimento de aptidões nos acadêmicos e para a implementação de estratégias e recursos a serem utilizados pelos docentes em sala de aula. Da mesma maneira, no momento atual, exigem-se dos alunos novas capacidades para alcançar os conhecimentos necessá-

rios nas diferentes disciplinas e cursos, tanto pelo seu desempenho diário quanto pela preocupação de obter uma formação adequada ao seu futuro profissional.

Em uma sociedade que se desenvolve cada vez mais rapidamente, é imprescindível que existam profissionais capazes de lidar com as novas tecnologias e recursos que surgem constantemente. O caráter eminentemente prático de algumas profissões, como as agrupadas na categoria das engenharias, torna indispensável que o ensino nesses cursos combine de forma apropriada os conceitos teóricos com sua aplicação prática, acompanhando a evolução da técnica e dos problemas que devem ser estudados e resolvidos. Assim, o mercado de trabalho na área de engenharia é afetado periodicamente por essas mudanças, o que nos leva a questionar se os futuros engenheiros estarão aptos a assumir tantas responsabilidades.

Além do conhecimento específico na área e das competências técnicas, o mercado exige do profissional de engenharia diversos outros atributos, como flexibilidade, resiliência e capacidade de trabalhar em equipes e de liderá-las. Levando isso em consideração, percebe-se que o ensino tradicional não vem oferecendo instrumentos para o amplo desenvolvimento dos alunos de engenharia, abrindo espaço para iniciativas como a de aplicação de Jogos Educacionais e *Project-Based Learning* — PBL. Nesse contexto, as instituições de ensino superior, desde os cargos com responsabilidade no planejamento e administração até os docentes e técnicos de apoio, devem adaptar-se de forma continuada às exigên-

cias do mercado e propiciar oportunidades de novos aprendizados e o desenvolvimento de habilidades interculturais para seus alunos (Wood e Reiners, 2012).

Um das principais preocupações que os governos e gestores apresentam em relação à qualidade dos serviços fornecidos pelas instituições de ensino é o combate à evasão e ao fracasso escolar, como medida de eficácia dos recursos investidos em educação. No caso dos cursos superiores em engenharia, os índices de evasão nos últimos anos merecem atenção, visto que, segundo pesquisa do Censo de Educação Superior – INEP, a taxa de desistência subiu de 12,4 % em 2010 para 56,4 % em 2015 (Brasil, 2015). Mais da metade dos estudantes brasileiros desiste da graduação para seguir outros planos, o que reflete negativamente na quantidade de profissionais capacitados e prontos para atuar nas mais diversas áreas da engenharia.

Assim, analisando-se, no Brasil, o número de engenheiros por habitantes, percebe-se que o país ocupa uma fraca posição no ranking mundial, conforme relatórios da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2016). A quantidade de 4,8 engenheiros a cada 10 mil habitantes brasileiros é muito inferior aos números de países como Portugal e Chile, que contam com aproximadamente 16 graduados em engenharia para a mesma proporção de habitantes.

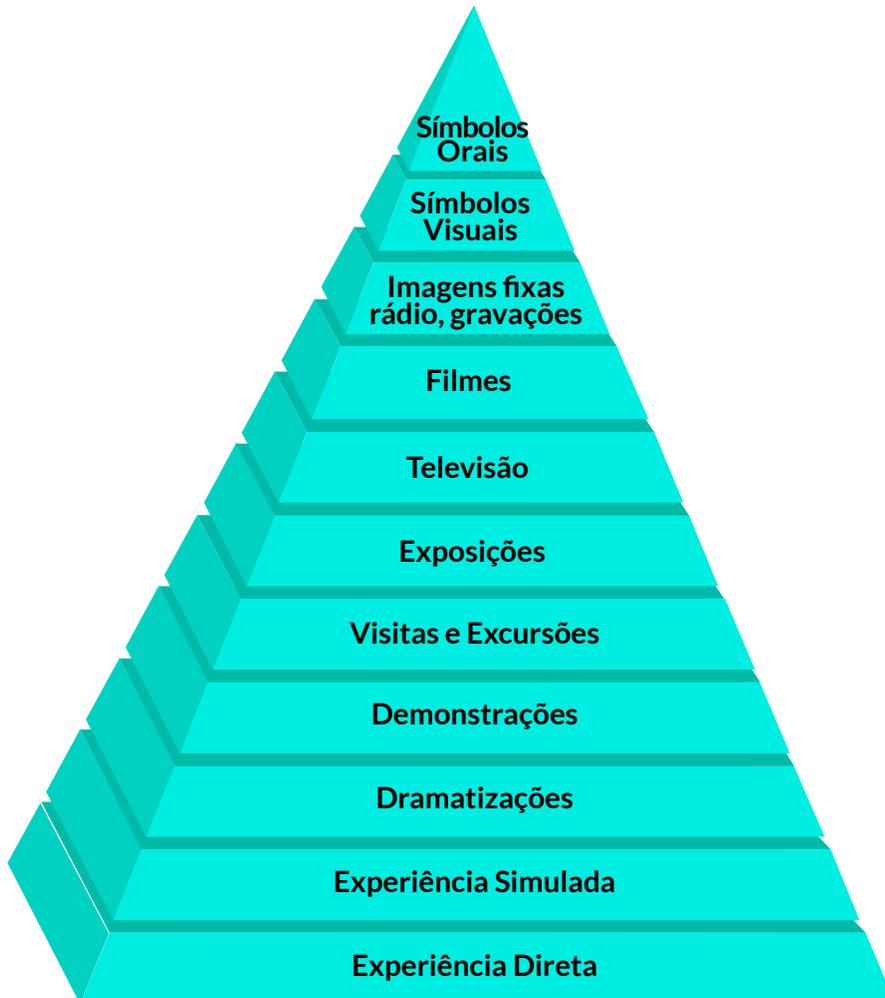
No início do ano de 2019, o Conselho Nacional de Educação (CNE) aprovou novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para os cursos de engenharia no Brasil, buscando a formação de engenheiros mais qualificados para superar os desafios que surgem anualmente. O objetivo da mudança é lançar no mercado de trabalho um engenheiro capaz de,

não apenas propor soluções tecnicamente corretas, mas também ter a ambição de considerar os problemas em sua totalidade, analisando todas as dimensões e impactos de sua atuação. Portanto, torna-se necessária uma adaptação do processo de ensino-aprendizagem encontrado atualmente nos cursos de engenharia.

O processo de ensino-aprendizagem é caracterizado por Dale (1946) por meio de uma Pirâmide de Aprendizagem, conforme a Figura 1. Na pirâmide é possível observar as diferentes técnicas/atividades que afetam o aproveitamento dos alunos em sala de aula, como ler, ouvir, explicar, conversar, ilustrar, entre outros (Quadro 1). Nesse cenário, torna-se importante na formação de novos engenheiros o desenvolvimento de técnicas de aprendizagem que estimulem a comunicação entre alunos e que desenvolvam habilidades voltadas ao processo de tomada de decisão. As atividades proativas, isto é, aquelas que fazem com que o aluno tenha um grau de comprometimento maior com a atividade, são as que apresentam maiores índices de aproveitamento para a aprendizagem (Dale, 1946; Belhot; Freitas; Dornellas, 2005).

As pirâmides de aprendizagem e a hierarquização de estratégias de aprendizado são tema de muitos debates sobre a sua utilização ser verídica ou não (Silva e Muzardo, 2018). Porém o seu modelo parece ser amplamente aceito em artigos, dissertações e teses. Ainda assim, o uso dessas referências para o ensino exige cuidados, visto que interferem diretamente na aplicação de metodologias ativas e/ou passivos dentro do ambiente educacional.

Figura 1: pirâmide da aprendizagem.



Descrição da Figura 1: pirâmide com faixas com termos relacionados a práticas de ensino-aprendizagem. — Fonte: adaptada de Dale, 1946.

Quadro 1: metodologias de aprendizagem

Metodologias de Aprendizagem	
ATIVAS	PASSIVAS
Centradas no aluno	Centradas no professor
Participação ativa dos estudantes	Participação passiva dos estudantes
Trabalhos em equipe	Trabalhos individuais
Desenvolvimento de habilidades e atitudes	Memorização de informações
Também fazer (escrever, interpretar, revisar, identificar, comunicar, demonstrar, praticar, catalogar...)	Apenas ler, escutar e ver
Com discussões sobre o conteúdo	
Ensinar (explicar, resumir, estruturar, definir, generalizar, elaborar, ilustrar...)	

Fonte: autores do trabalho

A principal missão do engenheiro é “conceber, especificar, projetar, implantar e gerir soluções de engenharia”, contemplando uma sólida formação técnica. Assim, confrontando-se as deficiências encontradas

no ensino brasileiro e buscando-se uma maneira de contorná-las, quais são as habilidades/competências necessárias para se formar um bom engenheiro?

O conjunto formado por conhecimentos, habilidades e atitudes dá nome a competências:

- **Conhecimento = Saber.** O conhecer não é definitivo, ou seja, é uma busca constante por aprender, reaprender e sempre aumentar o conhecimento.
- **Habilidade = Saber fazer.** Usar o conhecimento para resolver problemas e ter criatividade para resolver não só problemas, mas para criar novas ideias.
- **Atitude = Competência = Saber fazer acontecer.** É obter bons ou excelentes resultados do que foi feito com conhecimento e habilidade.

Conforme Capítulo II das novas DCNs dos cursos de Engenharia (MEC, 2019), espera-se que o aluno egresso possua o seguinte perfil:

- ser generalista, humanista, crítico, reflexivo, criativo, cooperativo, ético;
- ser apto a pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias, com atuação inovadora e empreendedora;
- ser capaz de reconhecer as necessidades dos usuários, analisando problemas e formulando questões a partir dessas necessidades e de oportunidades de melhorias para projetar soluções criativas de Engenharia;

- adotar perspectivas multidisciplinar e transdisciplinar em sua prática;
- considerar os aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais; e ainda
- atuar com isenção de qualquer tipo de discriminação e comprometido com a responsabilidade social e o desenvolvimento sustentável.

Assim como desenvolver o perfil do aluno ao longo da graduação, o Curso de Engenharia deve qualificá-lo com as seguintes competências gerais:

- analisar e compreender os usuários das soluções de engenharia e seu contexto, para formular as questões de engenharia e conceber soluções desejáveis;
- analisar e compreender os fenômenos físicos e químicos por meio de modelos matemáticos, computacionais ou físicos, validados por experimentação;
- conceber, projetar e analisar sistemas, produtos (bens e serviços) componentes ou processos;
- implantar as soluções de Engenharia considerando os aspectos técnicos, sociais, legais, econômicos e ambientais;
- comunicar-se efetivamente e eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica;
- trabalhar e liderar equipes multidisciplinares;

- interpretar e aplicar com ética a legislação e os atos normativos no âmbito do exercício da profissão;
- aprender de forma autônoma, para lidar com situações e contextos complexos, atualizando-se em relação aos avanços da ciência e da tecnologia.

Dentre as engenharias, a área de transportes destaca-se devido à sua alta importância para o desenvolvimento econômico e social de um país, gerando impactos positivos que influenciam diretamente a mobilidade e o deslocamento de pessoas e cargas. Para Agrawal e Dill (2008), engenheiros de transportes tendem a ser investigativos, sociais e realistas, preocupando-se com o bem-estar da população e com a qualidade dos serviços prestados ao público. No que diz respeito a especializações, a Engenharia de Transportes é a área com maior taxa de adesão dos alunos ao longo do curso: de 7 % que a escolhem como primeira opção no início do curso, chega a ser 18 % os que optam por esta área até o término da graduação, um aumento de 168 %. Por outro lado, para 68% dos alunos, as disciplinas da área são significativas na decisão pela especialização, e para 60 %, experiências profissionais e atividade desenvolvida na área são importantes. Tais dados demonstram o impacto que os educadores e profissionais da área geram na formação de novos engenheiros de transportes, pois condicionam extraordinariamente as decisões dos alunos pela permanência no curso ou, ainda, pela continuação de sua formação nesse campo.

Os autores também ressaltam a importância de que se façam esclarecimentos aos estudantes sobre a atuação de um profissional da área de transportes. Muitos alunos podem ser persuadidos a especia-

lizarem-se em mobilidade urbana, engenharia de tráfego, infraestrutura viária, entre outros temas, desde que essas especialidades sejam apresentadas sob um ponto de vista prático e realista. Uma mudança na estratégia de ensino pode encorajar os graduandos a investirem em uma carreira na área de Engenharia de Transportes (Liao *et al.*, 2009). Assim, Handy *et al.* (2002) destacam que a disparidade existente entre o atual dinamismo na área de planejamento de transportes e o conteúdo apresentado nas instituições de ensino superior sugere a necessidade de maiores conexões entre profissionais da área e educadores.

Em seu trabalho, os pesquisadores identificaram que ensinar estudantes a pensar de maneira crítica é um grande desafio para professores da área de transportes, visto que os futuros profissionais precisam entender as vantagens e desvantagens das ferramentas e técnicas por eles utilizadas. Liao *et al.* (2009), por exemplo, indicam a importância do uso de simuladores de transporte no ensino das disciplinas, oferecendo aos alunos a oportunidade de aplicar diferentes estratégias de controle em um ambiente sem risco, utilizando um método ativo e inovador para transmitir o conteúdo necessário.

Apesar de já existirem vários exemplos sobre aplicação de metodologias ativas em cursos na área de transportes ao redor do mundo, os estudos elaborados em solo brasileiro estão em fase inicial e seus resultados contribuirão para orientar aplicações de novos métodos em sala de aula (García *et al.*, 2017; Stefanello *et al.*, 2020), o que reforça ainda mais a importância das atividades a serem descritas neste livro. Junior *et al.* (2017) sugerem que existem dificuldades institucionais ao nível de docentes e discentes, coordenações pedagógicas e até mesmo falhas do

projeto de curso, havendo necessidade de se desenvolver mecanismos institucionais mais efetivos para motivar e acompanhar o uso de métodos de ensino-aprendizagem inovadores em cursos de engenharia.

Conforme Barbosa e Moura (2014), com a aplicação de metodologias ativas em disciplinas e atividades, as pessoas envolvidas assumem funções diferentes das que estão acostumadas nos métodos tradicionais, podendo assim identificar soluções para os problemas sob diferentes perspectivas. As diversas visões resultam de trabalhos realizados em conjunto com órgãos públicos, empresas da área e organizações sem fins lucrativos, por exemplo os quais fornecem o seu *know-how* para que outras pessoas adquiram esse conhecimento. Handy *et al.* (2002) reforçam que, ao participarem das atividades, as habilidades adquiridas ao trabalhar em um ambiente altamente politizado são reforçadas, fazendo com que estudantes melhorem sua comunicação, sua capacidade de persuasão e seu pensamento crítico em situações que exigem respostas rápidas.

Ao entrevistar mais de 2.000 profissionais da área de Engenharia de Transportes, Handy *et al.* (2002) determinaram as habilidades consideradas necessárias para a atuação no mercado de trabalho. Cada uma delas foi ranqueada de 1 (não é importante) até 5 (muito importante). No Quadro 2 é possível observar as habilidades e sua importância média para o trabalho.

Quadro 2: habilidades vs. importância no mercado de trabalho

Habilidade	Importância
Falar em público	4,54
Apresentação de dados	4,49
Trabalhar com o público	4,47
Escrita técnica	4,37
Escrever para o público	4,31
Coleta de dados	4,08
Facilitador	4,08
Preparação de orçamentos	3,63
Análise de estatísticas	3,50
Análise de dados geográficos / GIS	3,42
Análise de impacto de tráfego	3,35
Análise de impacto ambiental	3,19
Modelagem de demanda de viagens	3,11
Análise de custo-benefício	3,10
Projeto de sistemas	2,98
Projeto industrial	2,94
Administração de recursos	2,94

Capacitação em <i>software</i> de estradas	2,74
Previsão populacional	2,68
<i>Software</i> TransCAD	1,97

Fonte: adaptado de Handy *et al.* (2002)

Observando-se o Quadro 2, é possível perceber que as habilidades mais bem ranqueadas referem-se a aspectos sociais e emocionais do profissional. As habilidades associadas ao uso de ferramentas são consideradas menos relevantes se comparadas com as demais. Portanto, o mercado de trabalho demanda uma formação mais humanística e empreendedora dos futuros engenheiros, com capacidade de liderança e trabalho em grupo aliados a uma sólida formação técnica. Para que esse objetivo seja atingido, faz-se necessária uma mudança nos métodos de ensino. Percebe-se que, atualmente, existe uma deficiência de atenção dos estudantes em salas de aula, assim como um conseqüente baixo desempenho em provas, o que afeta diretamente sua motivação para os estudos. Somente a figura do professor como agente principal de transmissão de conhecimentos e a do aluno como mero receptor não está sendo suficiente para mudar a atual condição dos estudantes, o que faz com que novas maneiras de lecionar precisem ser implementadas, visto que métodos ativos de ensino têm contribuído para diminuir a reprovação e a evasão em cursos superiores (Watkins; Mazur, 2013).

A modificação do método de ensino por parte do professor pode estar ao alcance de docentes que se veem impotentes diante da falta de perspectiva de mudança do cenário educacional brasileiro a curto prazo

(Oliveira *et al.*, 2016). Assim, os docentes podem utilizar-se de metodologias que incentivem a busca por tecnologias da informação, aliadas ao desenvolvimento de competências comportamentais, influenciando diretamente a motivação dos estudantes a procurar variadas fontes de conteúdo. Nas abordagens de ensino-aprendizagem ativas, os alunos assumem o papel principal e central na geração e disseminação de conteúdo, onde o professor responsável atua como tutor.

Dentre os métodos utilizados, podemos destacar a metodologia *Project-Based Learning* (PBL), sobre a qual serão apresentados vários exemplos práticos relacionados a disciplinas e a experiências na área da Engenharia de Transportes no próximo capítulo. Associadas à metodologia PBL existem outras técnicas e abordagens muito utilizadas em relação ao ensino-aprendizado de disciplinas de engenharia, como *Team-Based Learning* (TBL), Jogos Educacionais, Sala de Aula Invertida e Avaliação 360°.

1.1 PROJECT-BASED LEARNING

Project-Based Learning (PBL), ou *Aprendizagem Baseada em Projetos*, é um método de aprendizagem no qual os alunos são expostos a projetos cujas tarefas são caracterizadas como complexas ou desafiadoras, dando oportunidade aos estudantes de trabalharem na tomada de decisão em situações que se assemelham às que serão vivenciadas futuramente na vida profissional (Guerra *et al.*, 2017).

Ao falarmos em PBL, a sigla contempla tanto o termo em inglês *Problem-Based Learning* quanto *Project-Based Learning*. Porém, ambos os métodos devem ser diferenciados. No *Problem-Based Learning*, os alunos devem adquirir conhecimento para resolver um problema em particular, enquanto no *Project-Based Learning* o foco é voltado para a aplicação de conhecimento existente em novas situações (Rojter, 2009; Stefanello *et al.*, 2020). No PBL, portanto, a aprendizagem se realiza mediante o desenvolvimento e resolução de tarefas complexas e desafiadoras em um curto espaço de tempo e que simulam situações semelhantes às que serão vivenciadas posteriormente pelos alunos na sua vida profissional (Araújo *et al.*, 2016).

Amplamente utilizada no ensino de medicina, a metodologia começa a ganhar espaço também na área de engenharia. Para que o método tenha resultado, é necessário que os projetos e questionamentos possuam um grau de complexidade acima do usualmente exigido dos participantes, engajando tanto alunos como professores na busca de uma solução (Edmunds *et al.*, 2017). A aplicação de PBL em cursos da área de exatas é vista pelos autores como uma ferramenta eficaz para aumentar a precisão e o rigor com que as atividades são desenvolvidas e entregues, ao mesmo tempo que incentivam a autoaprendizagem contínua e o relacionamento social ético. Apesar de as pesquisas sobre PBL como método de ensino e aprendizado serem dispersas, existem evidências sobre os benefícios de sua aplicação, se comparados aos resultados do método de ensino tradicional, indicando que as habilidades desejáveis para profissionais de engenharia podem ser desenvolvidas por meio de metodologias de ensino-aprendizagem ativa (Araújo *et al.*, 2016). Os autores também

argumentam que, ao trabalhar com métodos diferentes, o aluno precisa buscar conhecimentos em várias áreas, organizando todas as informações necessárias para a resolução do problema, em um ambiente de trabalho colaborativo entre professores e estudantes.

Conforme explicam Guerra *et al.* (2017), isso também se deve ao fato de o método PBL desafiar os alunos e estimular seu aprendizado com a resolução de fenômenos ou eventos observados na vida real, como uma simulação do que enfrentarão ao ingressarem no mercado de trabalho.

No relato de Zamberlan *et al.* (2018), um estudo realizado na Universidade de Cruz Alta (Unicruz), em diversos cursos de engenharia, abordou o método PBL na disciplina de Metodologia de Pesquisa. Ao longo de 4 anos, entre 2014 e 2017, dentro da programação do semestre 430 estudantes prepararam uma revisão de literatura técnica de nove tópicos de interesse relacionados à formação profissional do engenheiro. Foram utilizadas como referência as técnicas e os conceitos apresentados pelos professores nos primeiros dois meses de aula. Ao final, os manuscritos feitos pelos alunos seriam avaliados por professores de cursos de engenharia, sujeitando-os, assim, a uma apresentação oral. Ao final do estudo, mais de 80 % dos acadêmicos relataram estar satisfeitos com a metodologia aplicada e que preferiram a prática PBL adotada nos dois meses finais da disciplina em comparação aos dois meses iniciais, abordados de maneira tradicional. Também foi percebida uma redução da desistência dos estudantes durante as aulas, assim como do número de reprovações.

Na Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo (USP), um grupo de estudantes do curso de Planejamento Urbano e de Transportes foi submetido à metodologia PBL (Silva, 2010). Nela, os participantes foram desafiados a encontrar soluções sustentáveis para servir como base para um novo Plano de Mobilidade de uma cidade, o que demandou bastante conhecimento teórico sobre administração pública, transporte coletivo, modos motorizados e não motorizados. Ao final, foi entregue um relatório escrito e foi realizada uma apresentação oral com as contribuições técnicas para a proposta. Os estudantes afirmaram que a atividade foi importante para reforçar conceitos de mobilidade urbana, bem como exigiu um elevado esforço para que o resultado saísse em um nível adequado.

Hoepers *et al.* (2019), durante a aplicação de PBL em uma disciplina de Sistema de Transportes na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), elaboraram uma atividade que solicitava a elaboração de um plano logístico de distribuição de livros para a comunidade. A experiência proporcionou autocrítica e julgamento dos participantes quanto ao desempenho dos outros membros, buscando desenvolver habilidades úteis no ambiente acadêmico, bem como a possibilidade de cada um se posicionar como um líder, porta-voz, membro integrante do grupo, negociador, entre outros.

Barbosa e Moura (2014) reforçam que aplicar a metodologia PBL demanda certo grau de complexidade, exigindo que tanto professores quanto alunos sejam estimulados a pensar, observar, raciocinar e entender o problema a ser resolvido. Durante o processo, o professor, ao conhecer o funcionamento do raciocínio dos seus alunos e seus respec-

tivos interesses e dificuldades, pode melhorar a didática, adequando-se, assim, à realidade dos discentes e aproveitando ao máximo seus potenciais, enquanto motiva o desenvolvimento de habilidades comunicativas e sociais (Araújo *et al.*, 2016).

Para que o potencial do aluno seja desenvolvido em sua totalidade, o uso de *softwares* específicos para o aprendizado de conteúdos torna-se essencial, fazendo com que os estudantes fiquem familiarizados com o uso de tecnologias contemporâneas no ensino de engenharia (Barbosa e Moura, 2014). Rodrigues e Martins (2020) usaram de PBL em uma disciplina voltada ao ensino de Internet das Coisas (*Internet of Things*, ou IoT), onde os estudantes obtiveram notas altas com a abordagem mais prática utilizada, aplicando conceitos atuais e importantes para o entendimento do contexto atual de novas tecnologias e sua aplicação futura.

Como relatado por Dourado *et al.* (2016) no estudo sobre os *softwares* AIMSUN, EMM3 e VISSIM na disciplina de Engenharia de Tráfego da Universidade Presbiteriana Mackenzie, a utilização de programas como os mencionados é necessária para aproximar os alunos das condições da vida profissional que terão se optarem pela área de mobilidade urbana. Ainda segundo os autores, “a complexidade dos fatores que envolvem o planejamento do tráfego torna o uso de simuladores de tráfego primordial para reunir todas essas informações e gerar os resultados da simulação”.

1.2 TEAM-BASED LEARNING

A metodologia *Team-Based Learning* (TBL), ou *Aprendizagem Baseada em Equipes*, tem como objetivo o envolvimento de alunos em trabalhos colaborativos. Conforme Michaelsen *et al.* (2004), o TBL tem como foco melhorar a aprendizagem de conteúdos e desenvolver habilidades de trabalho em equipe através de uma estrutura que abarca, entre outras atividades, a resolução de problemas. Os alunos envolvem-se em atividades de preparação individual e em equipe, que consistem em um estudo prévio extraclasse, na resolução de questões conceituais em sala de aula e na realização de tarefas de aplicação dos conceitos em equipe, também em classe.

A diversidade de membros na equipe beneficia os alunos avançados, os quais potencializam sua aprendizagem ensinando, e também auxilia aqueles com maior dificuldade, que aprendem com seus colegas e agregam a discussão geral entre todos os membros da equipe (Oliveira *et al.*, 2016). A formação de grupos de trabalho com membros distintos promove a autogestão de tarefas e a liderança de alunos com papéis ativos e pragmáticos, gerando resultados positivos em relação ao desempenho dos grupos e à participação dos alunos (Reyes-Torres *et al.*, 2020).

Em uma experiência TBL realizada em disciplinas da área de circuitos elétricos, dentro do Departamento de Engenharia Elétrica e Computacional da Universidade de Missouri, Estados Unidos, foi possível perceber que o método facilitou o aprendizado de conteúdos técnicos e também o desenvolvimento de diversas habilidades profissionais (O'connell, 2015). Reyes-Torres *et al.* (2020) destacam que o mercado de trabalho necessita de profissionais com competências de trabalho

em equipe e habilidades para resolver problemas interdisciplinares, onde a metodologia TBL abre um caminho de inovação e oportunidades para mudar o paradigma atual da sociedade. Lemos *et al.* (2015), em uma experiência no curso de Engenharia de Produção, implementaram o TBL juntamente com os métodos *Just-in-Time Teaching* (JiTT) e aprendizagem por pares (*Peer Instruction* – PI), indicando que, quando usados de modo estruturado e adaptadas às necessidades de cada situação, os recursos educacionais promovem um ambiente mais adequado para o aprendizado do aluno.

No estudo realizado por Weir (2004), estudantes do Instituto Politécnico de Worcester (Massachusetts, EUA), foram submetidos ao método TBL durante o ensino de disciplinas realizadas em Engenharia de Tráfego. As técnicas ativas desenvolvidas em equipes mostraram que o desempenho dos alunos melhorou, assim como sua motivação, gerando, inclusive, uma maior satisfação na disciplina ao final do semestre. Nanes (2014) ainda reforça que a ideia inicial de muitos estudantes, ao afirmarem que trabalham melhor individualmente, diminuiu significativamente após algumas semanas, e Zhang *et al.* (2018) afirmam que o uso de TBL para projetos em *Building Information Modeling* (BIM) prepara os estudantes para sua execução em trabalhos reais.

1.3 JOGOS EDUCACIONAIS

Os *Jogos Educacionais* foram utilizados primeiramente em meio militar (Schoemaker, 1993), em cenários planejados. Em tempos modernos, o avanço da tecnologia e das novas mídias facilitou a utilização de ambientes lúdicos para a transmissão de conteúdo.

Em uma experiência descrita por Gómez-Urquiza *et al.* (2019), estudantes do curso de Enfermagem da Universidade de Granada (Espanha) fizeram parte de uma atividade chamada “Sala de Fuga”. Nela, os participantes dividem-se em grupos e têm 30 minutos para resolver enigmas, com o objetivo final de sair da sala. As charadas propostas são relacionadas a assuntos da área de atuação e, portanto, reforçam a importância de um bom aprendizado teórico e prático da disciplina. Durante o processo, o professor fica dentro da sala para monitorar o andamento dos grupos e garantir que tudo se realize de maneira correta. Após a experiência, um questionário sobre a Sala de Fuga é aplicado. Nos resultados da atividade aplicada no curso de Enfermagem, os alunos afirmaram que o jogo educacional os ajudou a aprender o conteúdo da matéria e demonstraram uma maior motivação para estudos futuros, além de concordarem que mais atividades como a desenvolvida deveriam ser aplicadas na área.

Um exemplo dos jogos educacionais que se popularizou na engenharia e nas instituições de ensino superior ao redor do mundo foram as Pontes de Espaguete (Bodnar *et al.*, 2016), realizado pela primeira vez na década de 80 em competições nos Estados Unidos. Em solo brasileiro, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) foi pioneira ao realizar sua primeira competição no ano de 2004. Na Universidade

Federal do Ceará (UFC), Oliveira *et al.* (2019) explicam que a utilização de jogos no ensino da disciplina de Materiais Betuminosos, dentro do curso de Engenharia Civil, proporcionou maior motivação, aprendizagem, armazenamento do conhecimento e o desenvolvimento de algumas habilidades inerentes a um profissional da área de Engenharia.

Também vinculado à Engenharia de Transportes, o projeto STREET, da University of Minnesota (EUA), utiliza-se de módulos de simulação para aplicações na área (Liao *et al.*, 2009). Na mesma universidade, Huang e Levinson (2012) reforçam que são utilizados jogos de tabuleiro para o ensino de conteúdos relacionados ao tópico de planejamento de transportes, no qual os alunos se reúnem durante a semana e são questionados sobre a validade desse tipo de iniciativa. Os autores também explicam que ambos os projetos têm como objetivo o engajamento e a melhor absorção de conteúdos por parte dos alunos.

Moraes e Cardoso (2018) indicam que os jogos e a simulação de ambientes reais ajudam a suprir a pouca experiência prática dos estudantes no mercado de trabalho, deixando-os mais preparados para o período após sua formatura. A interdisciplinaridade que essas ferramentas proporcionam os deixa mais preparados para os desafios da carreira em Engenharia, como lidar com aspectos financeiros que impactam em decisões técnicas, por exemplo. Um exemplo dessa técnica é apresentada no trabalho de Uhlmann *et al.* (2019), onde os autores desenvolveram, para o ensino de Logística de Transporte e Distribuição, o jogo remoto *Steamlog*, simulando uma maquete ferroviária para controle de trens à distância por meio de uma interface, aplicando conceitos de coleta e

entrega de cargas em pontos específicos. O processo de construção e aperfeiçoamento do jogo possibilitou o aumento da compreensão sobre o modal ferroviário e conceitos de pesquisa operacional.

1.4 SALA DE AULA INVERTIDA

O método da Sala de Aula Invertida, também conhecido como *inverted/flipped classroom*, no qual o aluno estuda previamente o tema da aula, foi utilizado pela primeira vez em uma disciplina do curso de Economia na Miami University (Ohio, EUA), em 1996. No estudo de Lage *et al.* (2000), os alunos faziam uma leitura prévia do assunto a ser discutido em livros didáticos, vídeos de palestra e apresentações online. Posteriormente, o professor solicitava uma resolução de exercícios baseados no tema, enquanto utilizava o tempo em sala de aula para aplicar os princípios da disciplina, reforçando o conteúdo visto anteriormente. O conteúdo também foi ministrado de modo tradicional em outra disciplina, e na comparação entre os dois métodos, os estudantes que passaram pela experiência da Sala de Aula Invertida estavam mais motivados a aprender do que os estudantes que passaram pela experiência do modo tradicional.

Na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, o método da Sala de Aula Invertida foi aplicado na disciplina de Sistemas Digitais I, na qual os alunos precisaram gravar vídeos curtos (média de 4 minutos) para explicar um determinado conceito da disciplina em sala de aula (Albertini e Silveira, 2017). Os vídeos foram avaliados e posteriormente inseridos na plataforma e-Aulas, a qual funciona como um portal de

videoaulas da USP. Os resultados indicaram que o material disponibilizado on-line foram bastante acessados nos períodos pré-prova, os quais serviram de apoio para os estudos.

Um estudo conduzido pela Universidade do Estado de Iowa, nos Estados Unidos, indicou que a metodologia da Sala de Aula Invertida foi uma grande oportunidade para estudantes trabalharem em seu próprio ritmo, buscando informações que contribuíssem para um bom entendimento da disciplina pela turma. Karabulut-Ilgu *et al.* (2016) empregaram uma abordagem similar em um curso de Introdução à Engenharia de Transportes, em que 25 % do conteúdo começou a ser transmitido de forma online, por meio de vídeos e outras mídias, e posteriormente discutido através de atividades práticas em sala de aula. No processo de aprendizagem invertida, parte do programa da disciplina é trabalhado em casa antes da aula correspondente, de forma que a abordagem é usada como um meio dinâmico de aplicar o conhecimento adquirido (Greenwood e Mosca, 2017).

1.5 AVALIAÇÃO 360 GRAUS E ENTRE PARES

A metodologia de avaliação 360 graus surgiu da necessidade de se possuírem diferentes opiniões a respeito de um processo de gestão por competências, diminuindo a ocorrência de equívocos na avaliação (Pagès *et al.*, 1993). O retorno, conforme Baldão (2018), envolve necessariamente os superiores, os pares, os subordinados e a própria autoa-

avaliação do participante, fazendo com que vários pontos de vista sejam apresentados de uma só vez, agilizando a tomada de decisão e a mudança de comportamento necessária para se atingir os objetivos.

A avaliação entre pares é tão relevante que, por vezes, é considerada como um critério de avaliação em separado da avaliação 360 graus. Nesta, indivíduos com competências semelhantes, produzem e avaliam trabalhos. Tal técnica tem por objetivo a manutenção de padrões de qualidade, a melhoria do desempenho e a garantia de credibilidade. É amplamente utilizada no meio acadêmico na revisão de artigos científicos.

Para Oliveira (2019), as respostas de várias perspectivas resultam em melhor qualidade de informações, contribuindo para o autodesenvolvimento do funcionário e também da equipe como um todo. Chiavenato (2014) reforça o potencial desenvolvimento profissional e pessoal atrelado à Avaliação 360 graus, pois ela é capaz de proporcionar condições para que o colaborador se adapte às diferentes demandas que recebe em sua área de atuação.

Brandão *et al.* (2008) explicam que uma avaliação realizada por diversos atores é mais rica e fidedigna do que aquela feita por uma única pessoa, sobretudo porque a responsabilidade pelo processo é compartilhada entre todos os integrantes, enriquecendo a mensuração do desempenho profissional. Eles afirmam ainda que o método pode contribuir para tornar mais preciso o diagnóstico de competências, tornando-se uma importante ferramenta para o desenvolvimento e aprimoramento das habilidades pessoais e profissionais.

1.6 SÍNTESE DO CAPÍTULO

No cenário atual do mercado de trabalho, a pressão por mudanças no processo de formação de engenheiros é evidente, tornando necessária a atualização dos métodos de ensino tradicionais para estratégias que reforcem o papel do estudante como agente ativo de seu desenvolvimento (Silva, 2010). Na área de Engenharia de Transportes, ainda, o ambiente acadêmico é essencial para a formação do futuro profissional, visto que é a área dentro da Engenharia Civil com maior taxa de adesão ao longo do curso dentre as especializações existentes: de 7 % no início do curso a 18 % ao final, um aumento de 168 % (Agrawal e Dill, 2008).

Visando um futuro melhor para a profissão de engenheiro, principalmente na área de transportes, as metodologias ativas de ensino descritas neste capítulo serão essenciais para o desenvolvimento de profissionais de alto nível. Os graduados em engenharia precisarão enfrentar e adaptar-se às mudanças tecnológicas e organizacionais no ambiente de trabalho, lidando com situações que exigem rápida e precisa tomada de decisão, além de dominarem assuntos jurídicos, comerciais, econômicos e de gestão (Mills e Treagust, 2003).

Nesse processo de adaptação, a graduação em engenharia precisará fornecer ao estudante a capacidade de buscar resultados com elevado nível técnico, assim como o desenvolvimento de habilidades interpessoais e de relacionamento. Para Junior *et al.* (2017), os cursos de engenharia, por meio dos processos de ensino-aprendizagem, devem garantir o perfil desejado de seu egresso e o desenvolvimento das competências e habilidades esperadas para cada área de especialização da engenharia. Liao *et al.* (2009) ainda reforçam que os problemas rela-

cionados ao transporte não desaparecerão instantaneamente, fazendo com que ideias mais atuais precisem ser implementadas e uma nova geração de profissionais de transporte entre em ação.

REFERÊNCIAS

- AGRAWAL, A. W.; DILL, J. To be a transportation engineer or not? How civil engineering students choose a specialization. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, v. 2046, 2008.
- ALBERTINI, B. C.; SILVEIRA, R. M. Sala de Aula Invertida para Aprendizado Curricular em Engenharias. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. *Anais do 3º CONGRESSO DE GRADUAÇÃO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO*, p. 46-47, 2017.
- ARAÚJO, W. J.; LOPES, R. P.; OLIVEIRA FILHO, D.; BARROS, P. M. M.; OLIVEIRA, R. A. Aprendizagem por problemas no ensino de Engenharia. *Revista Docência em Ensino Superior*, v. 6, n. 1, p. 57-90, 2016.
- BALDÃO, G. M. *Inovação, Gestão Estratégica e Controladoria nas Organizações*. vol. 1. Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.
- BARBOSA, E. F.; MOURA, D. C. Metodologias ativas de aprendizagem no ensino de engenharia. In: XIII INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY EDUCATION, 2014, Guimarães, Portugal. *Proceedings...* Guimarães, Portugal: Science and Education Research Council, 2014, p. 110-116.
- BELHOT, R. V.; FREITAS, A. A.; DORNELLAS, D. V. Benefícios do conhecimento dos estilos de aprendizagem no ensino de Engenharia de Produção. In: XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA – COBENGE, 2005, Campina Grande – PB. *Anais eletrônicos...* Campina Grande: ABENGE, 2005.
- BODNAR, C. A.; ANASTASIO, D.; ENSZER, J. A.; BURKEY, D. D. Engineers at Play: Games as Teaching Tools for Undergraduate Engineering Students. *Journal of Engineering Education*, v. 105, n. 1, 2016.
- BRANDÃO, H. P.; ZIMMER, M. V.; PEREIRA, C. G.; MARQUES, F.; COSTA, H. V.; CARBONE, P. P.; ALMADA, V. F. Gestão de desempenho por competências: integrando a gestão por competências, o balanced scorecard e a avaliação 360

graus. *Revista de Administração Pública (RAP)*, FGV, 42(5):875-898. Rio de Janeiro, 2008.

BRASIL. Ministério da Educação. *Censo da Educação Superior 2015*. INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Brasília: Ministério da Educação, 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. *Parecer CNE/CES nº 1/2019*. Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília: Ministério da Educação, 23 jan. 2019. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=109871-pces001-19-1&category_slug=marco-2019-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 18 jun. 2020.

CHIAVENATO, I. *Gestão de pessoas: o novo papel dos recursos humanos nas organizações*. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

DALE, E. *Audio-visual methods in teaching*. New York: The Dryden Press, 1946.

DOURADO, L. D.; BARROS, E. A. R.; HU, O. R. T.; PAMBOUKIAN, S. V. D. Ensino de Engenharia de Tráfego com apoio de softwares de simulação. In: XLIV CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA – COBENGE, 2016, Natal – RN. *Anais eletrônicos...* Campina Grande: ABENGE, 2016.

EDMUNDS, J.; ARSHAVSKY, N.; GLENNIE, E.; CHARLES, K.; RICE, O. The Relationship Between Project-Based Learning and Rigor in STEM-Focused High Schools. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, v. 11, 2017.

GARCÍA, D. S. P.; NODARI, C. T.; ALBANO, J. F.; WANDSCHEER, M. A.; SANTOS, F. F. de F.; ANDRIOLA, C. L.; DEMORE, C. P.; LANES, T. K. Projeto ponto de partida: o ensino de projetos de rodovias através de uma abordagem lúdico-real-didática. *Revista Transportes*, v. 25, n. 3, 2017.

GÓMES-URQUIZA, J. L.; GÓMEZ-SALGADO, J.; ALBENDÍN-GARCÍA, L.; CORREA-RODRÚGUEZ, M.; GONZÁLEZ-JIMÉNEZ, E.; CAÑADAS-DE LA FUENTE, G. A. The impact on nursing students' opinion and motivation of using a "Nursing Escape Room" as a teaching game: A descriptive study. *Nurse Education Today*, v. 72, p. 73-76, 2019.

GREENWOOD, V.A.; MOSCA, C. Flipping the nursing classroom without flipping out the students. *Nursing Education Perspectives*, v. 38, p. 342-343, 2017.

- GUERRA, A.; RODRIGUEZ-MESA, F.; GONZÁLEZ, F. A.; RAMÍREZ, M. C.; *Aprendizaje basado en problemas y educación en ingeniería: Panorama latinoamericano*. Aalborg University, 2017.
- HANDY, S.; WESTON, L.; SONG, J.; LANE, K. M. D. Education of transportation planning professionals. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, v. 1812, 2002.
- HELLER, P.; HOLLABAUGH, M. Teaching problem solving through cooperative grouping. *American Journal of Physics*, v. 60, n. 7, 1992.
- HOEPERS, B. L.; ZAGHENI, E. S. S.; MARTINS, T. L.; ARTIN, A. F.; LIMA, E. C. S.; PAGANI, E. F.; SILVEIRA, G. B.; TONOLLI, M. S. Aprendizagem baseada em problemas (PBL): um relato de experiência em cursos de engenharia da UFSC, Campus Joinville. *Brazilian Applied Science Review*, Curitiba, v. 3, n. 2, p. 918-932, 2019.
- HUANG, A.; LEVINSON, D. To Game or Not to Game: Teaching Transportation Planning with Board Games. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, v. 2307, 2012.
- JUNIOR, C. A. P. D.; FONTENELE, H. B.; DA SILVA, A. N. R. Uso de Métodos de Ensino-Aprendizagem no ensino de Engenharia. In: XXXI CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES – ANPET, 2017, Recife, 2017 - PE. *Anais...* Rio de Janeiro: Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2017.
- KARABULUT-ILGU, A.; YAO, S.; SAVOLAINEN, P. T.; JAHREN, C. T. A Flipped Classroom Approach to Teaching Transportation Engineering. *ASEE Annual Conference and Exposition*, New Orleans, Louisiana, 2017.
- LAGE, M. J.; PLATT, G. J.; TREGLIA, M. Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment. *The Journal of Economic Education*, 2000.
- LEMOS, W. M.; ROCHA, H. M.; MENEZES, C. A. G. Impacto do JiTT, Peer Instruction e TBL no desempenho acadêmico de alunos de Engenharia de Produção. In: XLIII CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA – COBENGE, 2015, São Bernardo do Campo – SP. *Anais eletrônicos...* São Bernardo do Campo: ABENGE, 2015.
- LIAO, C.; LIU, H.; LEVINSON, D. Simulating Transportation for Realistic Engineering Education and Training: Engaging Undergraduate Students in Transportation Studies. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, v. 2109, 2009.

- MICHAELSEN, L. K.; KNIGHT, A. B.; FINK, L. D. *Team-Based Learning: a transformative use of small groups in college teaching*. Sterling, VA: Stylus Publishing, LLC, 2004.
- MILLS, J. E.; TREAGUST, D. Engineering Education, Is Problem-Based or Project-Based Learning the Answer? *Australian Journal of Engineering Education*, 2003.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. *Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia*. 2019. Conselho Nacional de Educação. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=12991>. Acesso em: 18. jun 2020.
- MORAES, M. N.; CARDOSO, P. A. Jogos para Ensino em engenharia e desenvolvimento de habilidades. *Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB, Revista Principia*, João Pessoa, n. 39, 2018.
- NANES, K. M. A modified approach to team-based learning in linear algebra courses. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, n. 8, September, 2014.
- O'CONNELL, R. M. Adapting Team-Based Learning for Application in the Basic Electric Circuit Theory Sequence. *IEEE Transactions on Education*, v. 58, n. 2, 2015.
- OLIVEIRA, T. E.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Aprendizagem baseada em equipes (Team-Based Learning): um método ativo para o Ensino de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 33, n. 3, 2016.
- OLIVEIRA, L. R. A Avaliação de desempenho individual no âmbito do Exército Brasileiro: uma análise com base na Gestão por Competências. *Revista Interação*, Varginha, v. 21, n. 2, p. 5-29, 2019.
- OLIVEIRA, L. S.; BARROSO, S. H. A.; SOARES, J. B. A utilização de jogos como ferramenta de aprendizagem do ensino da disciplina de materiais betuminosos. *Revista Transportes*, v. 27, n. 4, 2019.
- PAGÈS, M.; BONETTI, M.; GAULEJAC, V.; DESCENDRE, D. *O poder nas organizações*. São Paulo: Atlas, 1993.
- REYES-TORRES, G.; SAAVEDRA, H. J.; AGUAYO-VERGARA, M. Aprendizaje basado en equipos en un curso de Ingeniería en Educación Superior. *Revista Educación*, Costa Rica, v. 44, n. 1, Universidad de Costa Rica, 2020.
- RODRIGUES, B. S.; MARTINS, V. F. Uso de PBL no ensino de IoT: Um Relato de Experiência. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação (RISTI)*, n.º E28, 2020.

ROJTER, J. PBL and Constructivism in Engineering Education. *Proceedings of the 37th Annual SEFI Conference: Attracting Young People to Engineering*. TU Delft: Rotterdam, 2009.

SCHOEMAKER, P. J. H. Scenario Planning: a tool for strategic thinking. *Sloan Management Review/Winter*, 36 (2), 1993.

SILVA, A. N. R. A Problem-Project-Practice Based Learning Approach for Transportation Planning Education. *In: PBL 2010 INTERNATIONAL CONFERENCE: São Paulo, 2010. Conference proceedings...* São Paulo: Pan-American Network of Problem Based Learning, 2010.

SILVA, F. B.; MUZARDO, F. T. Pirâmides e cones de aprendizagem: da abstração à hierarquização de estratégias de aprendizagem. *Dialogia*, São Paulo, n. 29, p. 169-179, 2018.

STEFANELLO, V.; OESTREICH, L.; ROSA, C. B.; RUIZ-PADILLO, A. Análise do perfil de aprendizagem dos estudantes de um Campus Universitário Tecnológico a partir da aplicação de metodologias ativas. *Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico*, v. 6, e098320, 2020.

UHLMANN, T. S.; GONZALEZ, M.B.; DUARTE, L. C. S.; MIYASHITA, R. K. D.; MENDES, L. A. Steamlog: Um Jogo Remoto para o Ensino de Logística de Transporte e Distribuição. *In: XVIII SBGames: Rio de Janeiro, 2019. Electronic proceedings...* Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2019.

WATKINS, B. J.; MAZUR, E. Retaining Students in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Majors. *Journal of College Science Teaching*, v. 24, n. 5, p. 36-41, 2013.

WEIR, J. A. *Active Learning in Transportation Engineering Education*. Worcester Polytechnic Institute, 2004.

ZAMBERLAN, J. F.; GUIMARÃES, G. E.; MASUTTI, G. B.; SALAZAR, R. F. DOSS. Practical Based Learning (PBL) for Academic, Technological and Scientific Education in Engineering Courses – Case Study. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)*, vol.5, issue 6, 2018.

ZHANG, J.; WU, W.; LI, H. Enhancing Building Information Modeling Competency among Civil Engineering and Management Students with Team-Based Learning. *J. Prof. Issues Eng. Educ. Pract.*, 2018.

2

Uma proposta integrada de PBL, TBL e jogos educacionais: o Projeto Ponto de Partida

A disciplina de Rodovias da Universidade Federal do Rio Grande do Sul oferece o primeiro contato do estudante de Engenharia Civil da UFRGS com a área de transportes. Com caráter teórico-prático, a disciplina prioriza a

formação científica e profissional dos alunos nas áreas de Estudos de Traçado, Projeto Geométrico e de Terraplenagem (García e Albano, 2004). Uma particularidade relevante da disciplina decorre da proposição de um trabalho de projeto de segmento rodoviário com características bastante próximas das desenvolvidas por empresas e por profissionais que atuam no mercado.

Nesta disciplina, o exercício pleno da engenharia através da ludificação de uma Concorrência Pública (Jogos Educacionais) para um projeto sobre um cenário real (PBL) oportuniza a aquisição de competências nas dimensões conhecimento, habilidade e atitude para os alunos de graduação da disciplina de Rodovias. Tal proposta de pesquisa didática, conceituada como Lúdico-Real-Didática (LRD), recebeu a denominação de PROJETO PONTO DE PARTIDA e é apresentada a seguir.

2.1 OBJETIVOS DO PROJETO PONTO DE PARTIDA

O Projeto Ponto de Partida atende a um conjunto de objetivos que estão alinhados aos três pilares da universidade: o ensino, a pesquisa e a extensão. Com o objetivo principal de qualificar a formação dos alunos de graduação da disciplina de Rodovia, o projeto privilegia a aproximação com entidades do setor oportunizando o tratamento de demandas concretas da sociedade empregando os novos conhecimentos consolidados no desenvolvimento de pesquisas realizadas no âmbito da universidade.

Os objetivos apresentados a seguir estão organizados em 4 grupos: (i) objetivos voltados à formação dos alunos de graduação; (ii) objetivos voltados à capacitação dos bolsistas que colaboram com o projeto; (iii) objetivos voltados a difusão do projeto em instituições de ensino superior e (iv) objetivos voltados ao aprimoramento do projeto Ponto de Partida.

Objetivos voltados aos alunos de graduação

O objetivo principal do Projeto Ponto de Partida é oferecer ao aluno de graduação da disciplina de Rodovias um ambiente lúdico-real-didático que o qualifique segundo as expectativas do mercado para com o profissional de engenharia (Scott, 2003). Para tal, é proposto o uso das duas metodologias de ensino descritas no Capítulo 1: (i) *Project-Based Learning* (PBL) e (ii) Jogos Educacionais. Por meio do PBL (real-didático), busca-se oferecer ao aluno de graduação a possibilidade de atuar como um verdadeiro engenheiro, coordenando, realizando e fiscalizando estudos e projetos em um cenário real. A utilização de jogos educacionais (lúdico-didático) acontece no momento em que são formadas equipes que atuam como empresas concorrentes, em busca do melhor projeto de rodovias, que é definido ao final do semestre em uma concorrência pública que reproduz a prática amplamente adotada no setor rodoviário.

A aplicação em conjunto de PBL e de Jogos Educacionais é válida, pois ambas as práticas de ensino atuam como complementares uma da outra. No ensino de engenharia, a utilização de problemas e cenários

reais proporciona um melhor entendimento sobre o conteúdo a ser estudado, e a “ludificação” por meio de jogos educacionais motiva os alunos ao desenvolvimento do melhor projeto possível.

Ao utilizar essas duas práticas de ensino e disponibilizar recursos e desafios aos alunos, pretende-se ampliar as 3 competências definidas por Mascarenhas (2008, p. 184). São elas: o conhecimento, a habilidade e a atitude. No que se refere à competência atitude, o projeto utiliza a definição de Nguyen (1998), que desdobra o atributo atitude em: (i) competência, (ii) integridade, (iii) comprometimento, (iv) tolerância, (v) flexibilidade, (vi) compromisso com a aprendizagem, (vii) confiabilidade, (viii) consciência, (ix) pontualidade e (x) abordagem.

Objetivos voltados aos bolsistas que colaboram com o projeto

O Projeto Ponto de Partida tem demonstrado despertar o interesse nos alunos de graduação quanto à temática da infraestrutura de transportes. Tal interesse é materializado pela constante solicitação de alunos para participarem do projeto por meio de atividades de monitoria e bolsas de IC nesta área do conhecimento.

As equipes de monitores e bolsistas atuantes no Projeto Ponto de Partida, formadas a cada semestre, reúnem alunos mais experientes e novatos, permitindo uma “oxigenação” desta, com resultados positivos. As atividades de criação de conteúdo de apoio aos alunos da disciplina e de pesquisas específicas no tema proporcionam aos bolsistas que colaboram com o projeto seu primeiro contato com atividades de pesquisa.

Nesse sentido, o Projeto Ponto de Partida propiciar ao aluno de graduação seus primeiros contatos com o Estado da Arte e o Estado da Prática na área de infraestrutura de transportes.

Objetivos voltados à difusão do projeto em instituições de ensino superior

Para poder atingir os objetivos mencionados acima e envolver um crescente número de alunos, o Projeto foi concebido de forma a ser replicável ao longo do tempo e em outras instituições de ensino. Essa característica do Projeto favorece a sua disseminação em disciplinas de graduação de rodovias de universidades brasileiras como uma atividade lúdico-real-didática, com viabilidade de implantação e com modelo de avaliação definido.

Objetivos voltados à pesquisa

O Projeto Ponto de Partida conta com um Projeto de Pesquisa relacionado que tem por objetivo principal aprimorar o conceito Lúdico-Real-Didático, de forma a propor um ensino de engenharia abrangente e continuamente em aperfeiçoamento. Nesse sentido, a pesquisa transita pelas áreas de educação e engenharia, identificando proposições e pesquisas científicas no Estado da Arte e projetos e aplicações no Estado da Prática.

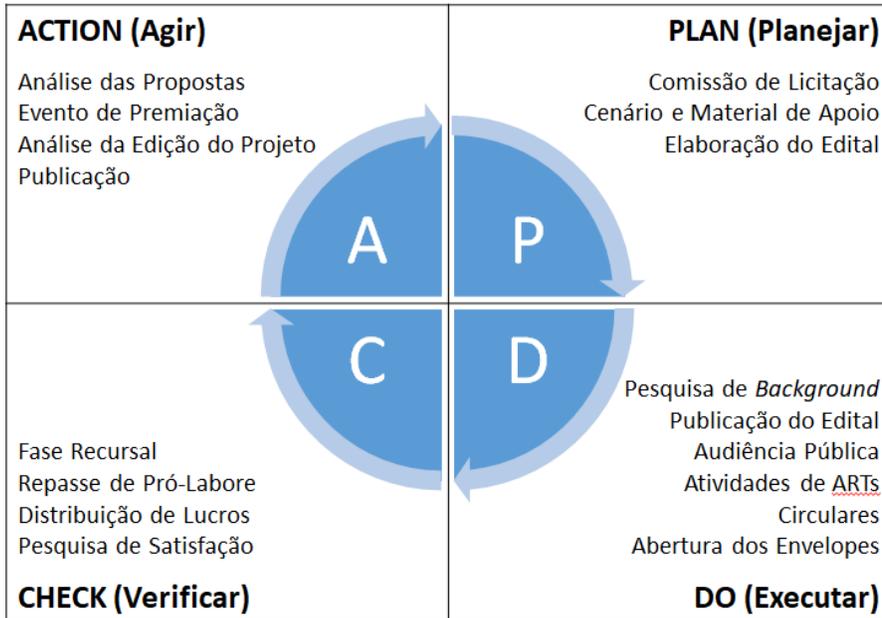
2.2 METODOLOGIA

O Projeto Ponto de Partida foi concebido de forma a simular atividades desenvolvidas por engenheiros em projetos de infraestrutura de transportes. O trabalho desenvolvido por alunos, em equipes, simula vários dos procedimentos comuns a uma Concorrência Pública. De forma a garantir o aprimoramento contínuo das edições sucessivas do Projeto, as etapas foram agrupadas no método iterativo de gestão de quatro passos do Ciclo PDCA (Figura 2).

2.2.1 O Ciclo PDCA do Projeto Ponto de Partida

A escolha por agrupar as etapas em um Ciclo PDCA decorre do entendimento do conceito do processo de melhoria contínua na gestão do conhecimento gerado em cada edição do Projeto, conforme preconizado por Walasek *et al.* (2011). Na sequência, são apresentadas as etapas em destaque.

Figura 2: ciclo PDCA do Projeto Ponto de Partida.



Descrição da Figura 2: círculo azul no centro da figura dividido em 4 quadrantes conectados por setas no sentido horário e com as letras P, D, C e A cada um dos quadrantes. Apresenta breve explicação referente aos conceitos *Plan*, *Do*, *Check* e *Act*. — Fonte: os autores.

Planejar: Comissão de Licitação

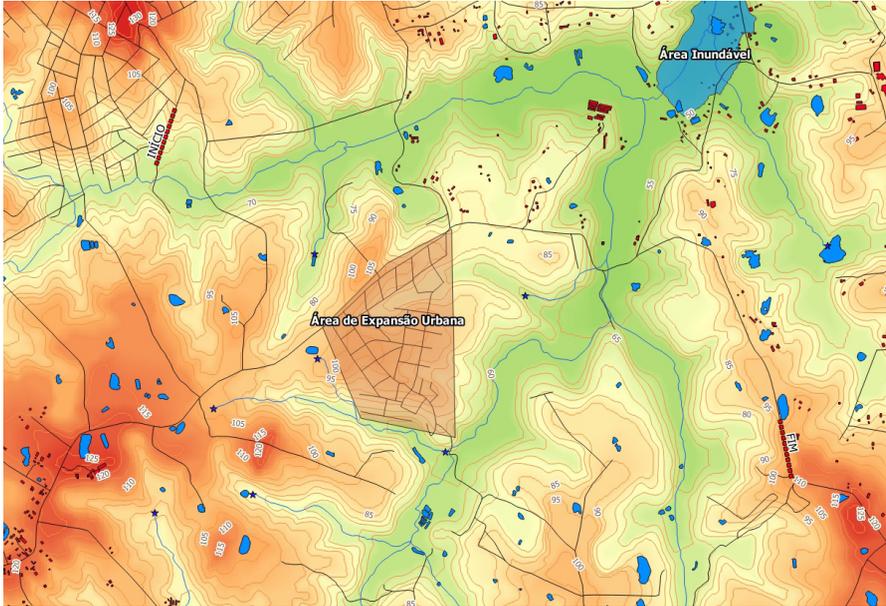
Cada edição do Projeto Ponto de Partida tem por etapa inicial o planejamento da Comissão de Licitação. Esta deve ser formada por seu presidente (geralmente o professor da disciplina), por membros avaliadores (denominados de Banca Examinadora: professores, pesquisadores, profissionais da área e antigos alunos convidados) e por pessoal de apoio (denominados Fiscais: monitores e bolsistas).

Esta etapa tem por finalidade principal a construção de um grupo de trabalho com duas características fundamentais: (i) engajamento no projeto, permitindo o desenvolvimento sem quebra de continuidade e (ii) reconhecida excelência, de forma a viabilizar análises qualificadas nas diferentes etapas do projeto.

Planejar: Cenário e Material de Apoio

O cenário real-didático deve ser planejado para oferecer informações reais (contextualização) sem prejudicar o processo de ensino-aprendizagem (didático). Nesse contexto, são utilizadas bases de dados reais em sistemas GIS (*Geographic Information Systems*) com a identificação do relevo, hidrografia, sistema viário existente, ocupação do solo etc. (Figura 3). Os arquivos devem conter os elementos necessários para o desenvolvimento de estudos e projetos condizentes com a classe da rodovia que irá integrar o Termo de Referência.

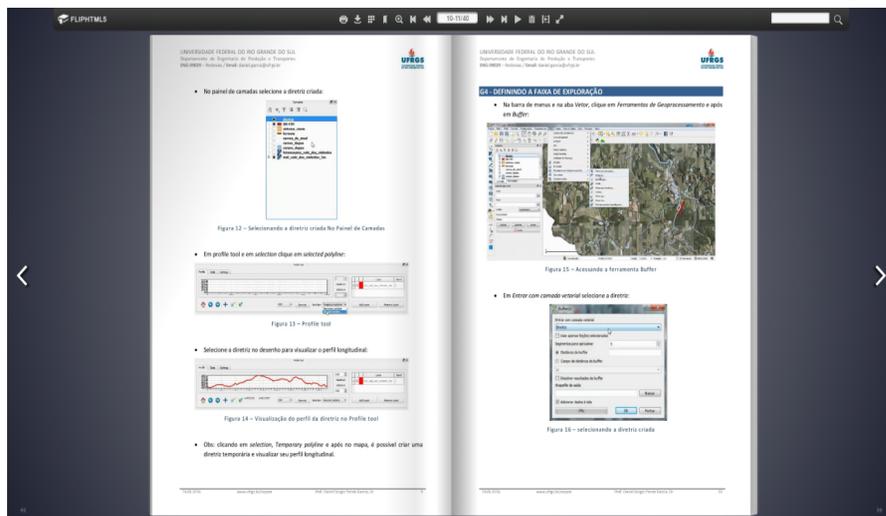
Figura 3: recorte de imagem georreferenciada disponibilizada.



Descrição da Figura 3: mapa de calor do relevo de uma região com curvas de nível e indicação de ponto de início e fim do projeto da rodovia. — Fonte: os autores.

Os alunos, além do conhecimento exigido e avaliado de Estudos de Traçado, Projeto Geométrico e de Terraplenagem, deverão estar aptos para a utilização de *softwares* GIS e de Projetos Viários. De forma a facilitar o processo de capacitação dos alunos no uso de “ferramentas” necessárias ao trabalho, é planejado, nesta etapa, o material de apoio a ser disponibilizado – guia passo a passo em formato PDF (Figura 4) e tutoriais em vídeo no canal Saepro Projeto no YouTube (<https://www.youtube.com/channel/UCkDRGF8nBOc6KfDqLn90mbg/videos>).

Figura 4: material didático disponibilizado para capacitação dos alunos.



Descrição da Figura 4: captura de tela do computador, apresentando duas páginas do guia do projeto. – Fonte: os autores.

Planejar: Elaboração do Edital

O instrumento pelo qual uma administração torna pública a realização de uma Licitação é chamado Edital. Integra o Edital do Projeto Ponto de Partida o Termo de Referência, que apresenta instruções quanto às atividades a serem desenvolvidas, o cenário real-didático, e as especificações técnicas de norma a serem utilizadas. Também são apresentados guias relativos aos *softwares* recomendados e modelos de relatórios. Os principais parâmetros de projeto (norma técnica utilizada, classe da rodovia e região), bem como os formatos de encaminhamento do projeto, também estão discriminados neste documento inicial.

Executar: Pesquisa de Background

Na primeira aula, além da publicação do Edital, ocorre uma pesquisa com o objetivo de coletar as informações de base dos alunos (conhecimentos prévios na área de transportes, proficiência no uso dos *softwares* utilizados e preferências de aprendizagem), além de suas expectativas em relação ao projeto. Tal pesquisa será confrontada com a Pesquisa de Satisfação ao término do Projeto.

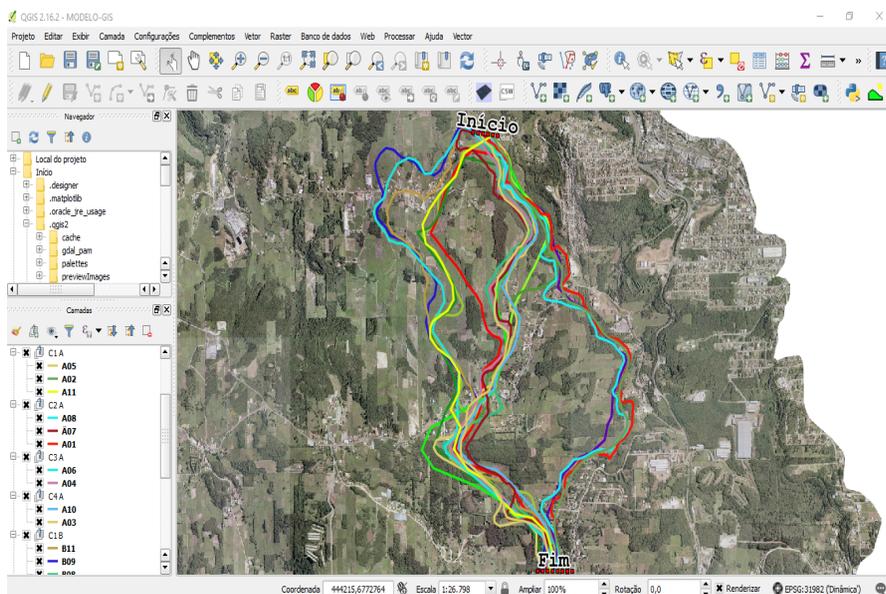
Executar: Publicação do Edital

O início dos trabalhos para os alunos ocorre no começo do semestre (primeira ou segunda aula), com a formação de equipes e o recebimento/apresentação do Edital. Devidamente notificados pelo Edital quanto às exigências dos prazos, dos formatos, dos eventos e das condicionantes do projeto, é encaminhado o cronograma planejado às equipes que, posteriormente, será confrontado com o realizado.

Executar: Audiência Pública

A etapa de Audiência Pública aborda os Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental – EVTEA – para implantação de trecho rodoviário sobre plataforma GIS. A opção pelo *software* QGIS decorre de este ser *Open Source* e atender as necessidades do projeto (Figura 5).

Figura 5: EVTEAs dos Consórcios no software QGIS.



Descrição da Figura 5: print da tela do computador uma vista superior da região do projeto rodoviário com as alternativas de traçado preliminares dos EVTEAs. — Fonte: os autores.

A atividade, que corresponde a 20 % da nota total, desenvolve-se em sala de aula com a reunião dos alunos em consórcios de duas ou três equipes, apresentando seus estudos para as demais equipes e para a Banca Examinadora (Figura 6). São empregados os procedimentos de avaliação 360 graus e avaliação entre pares mediante formulários específicos. Ao término da Audiência Pública, cada consórcio tem uma alternativa de traçado escolhida, determinando a faixa de exploração a ser utilizada pelas equipes integrantes, na etapa de projeto (Figura 6a). Qualquer alteração desta faixa nas etapas subsequentes irá produzir penalizações às equipes.

Figura 6: equipes apresentando EVTEA em Audiência Pública.



Descrição da Figura 6: imagem de aluno apresentando o EVTEA com a projeção do Power Point e imagem da sala da aula com alunos assistindo a apresentação. – Fonte: os autores.

Executar: Atividades de ARTs

As atividades práticas que se desenvolvem em sala de aula ao longo do semestre recebem a denominação de Atividades de Anotação de Responsabilidade Técnica (ART). Em tais atividades, as equipes devem encaminhar formulário específico contendo a resolução de questões com graus de dificuldade e pontuação distintas. Cada membro da equipe pode encaminhar uma única ART com a resolução de uma única questão. A pontuação é contabilizada para o aluno e para a equipe, sendo considerada para:

- comprovar a habilitação técnica da equipe no processo licitatório e sua conseqüente participação, ou não, na etapa da Abertura dos Envelopes;
- atribuir uma pontuação adicional (lucro) para os alunos, segundo a classificação da equipe em relação às demais e a produção do aluno em relação aos seus parceiros de equipe.

Na Figura 7, é possível observar um detalhe importante da atividade de ART, que é o comprometimento de todos os membros da equipe que passam a ter um objetivo comum: a obtenção da pontuação máxima possível para a atividade, dentro dos conhecimentos que acreditam possuir.

Figura 7: alunos realizando uma das atividades de ART.



Descrição da Figura 7: imagem da sala de aula em um anfiteatro com aproximadamente 30 alunos concentrados resolvendo problemas na atividade de ART. — Fonte: os autores.

Executar: Ofícios Circulares

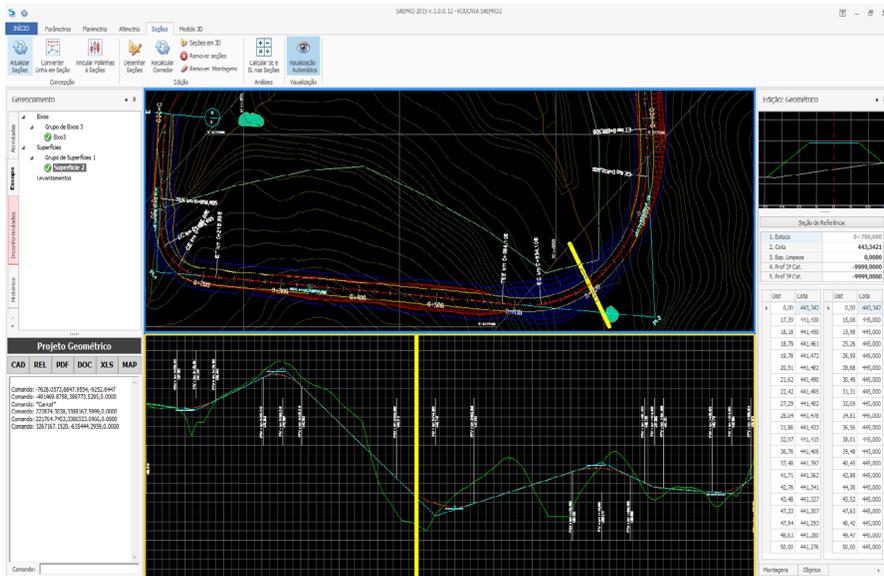
O imponderável faz parte do dia a dia de um engenheiro e, por conta disso, está incorporado no Projeto Ponto de Partida por meio de Ofícios Circulares. Os Ofícios Circulares são notificações técnicas encaminhadas às equipes, com a finalidade de apresentar pequenas alterações no cenário original, que podem afetar a concepção do Projeto Geométrico e de Terraplenagem. O propósito destas alterações, durante o jogo, tem por objetivos: (i) servir de aprendizado, ao aluno de engenharia, de que os cenários e consequentes projetos e obras são dinâmicos, e (ii) ressaltar que o engenheiro deve estar capacitado para avaliar tais alterações, identificando possíveis impactos e propondo, se necessário, planos de contingência.

No Projeto, os ofícios circulares não são criados com intuito de inviabilizar um projeto específico. Geralmente eles estão associados à determinação de áreas de exclusão e/ou condicionantes, como cotas de cheia máxima, redes de alta tensão, dutos etc. Tais ocorrências provocam uma alteração no cenário quanto à viabilidade técnica, econômica e/ou ambiental. A tomada de decisão quanto ao que fazer, como e quando, cabe a cada uma das equipes.

Executar: Abertura dos Envelopes

Entre a Audiência Pública e a etapa de Abertura dos Envelopes, desenvolve-se o Projeto Geométrico e de Terraplenagem (no período de oito semanas). Nessa etapa, as equipes devem definir o eixo planimétrico, projeto altimétrico e seções transversais de projeto. A utilização de um *software* para auxílio ao projeto favorece a possibilidade de aperfeiçoá-lo, realizando ajustes e correções, de forma a obter o melhor projeto possível (Figura 8). O *software* utilizado na UFRGS é o SAEPRO (Sistema Avançado para Estudos e Projetos Viários), desenvolvido por esta em parceria com duas empresas privadas. A opção pelo *software* decorre da simplicidade de procedimentos, da agilidade na obtenção dos resultados e das customizações realizadas para o Projeto.

Figura 8: exemplo de projeto geométrico realizado na disciplina no software SAEPRO



Descrição da Figura 8: print da tela do computador apresentando imagens do software SAEPRO com detalhes da planimetria de uma das alternativas de traçado. — Fonte: os autores.

O Projeto de Terraplenagem, decorrente do corpo estradal definido na etapa do Projeto Geométrico, é um projeto simplificado. Na edição 2017/1 do Projeto Ponto de Partida, o material proveniente de corte foi totalmente classificado como de 1ª Categoria com condições de suporte para terraplenagem e fator de homogeneização de 1,3. Os custos de terraplenagem são calculados a partir de valores reais disponibilizados pelo Sistema de Custos Rodoviários do DNIT (SICRO2).

A Abertura dos Envelopes ocorre em evento único em sala de aula. As equipes, com pontuação suficiente na etapa de ARTs, devem encaminhar, em envelope pardo lacrado, os seguintes documentos: (i) Relatório de Projeto em formato A4, (ii) Projeto Executivo em formato A3, (iii) Do-

cumentos de Habilitação e Orçamento das Obras em formato A4, e (iv) mídia (DVD ou *pen drive*) com cópia em formato PDF dos documentos do projeto. Na Proposta Técnica e de Preço, constam os indicadores de desempenho adotados. Esses indicadores são registrados em planilha específica com o objetivo de caracterizar a distribuição dos valores, a média, o desvio padrão e o posicionamento de cada equipe em relação aos demais adversários. Os indicadores permitem identificar as melhores configurações de projeto, sendo estes avaliados em até 20 % da nota total.

Verificar: Fase Recursal

Os indicadores de desempenho das equipes são valores autodeclarados, ou seja, estão sujeitos a não corresponder com os valores oriundos do projeto. Nesse sentido, a etapa que dá sequência à Abertura dos Envelopes é a Fase Recursal. Nesta etapa, cada equipe deve analisar duas propostas concorrentes (por sorteio), dispondo, para tanto, de 30 minutos por proposta (Figura 9). Da análise realizada por cada equipe resulta um documento a ser anexado à ata do Edital, no qual as equipes tentarão desqualificar as propostas concorrentes mediante a identificação de problemas de cálculo, valores fora de norma, atividades não realizadas etc.

Figura 9: equipe analisando proposta concorrente.



Descrição da Figura 9: dois grupos de 4 alunos sentados cada um em uma mesa analisando o projeto entregue por outro grupo. – Fonte: os autores.

As equipes têm acesso às análises das concorrentes de seu projeto, devendo encaminhar à Banca Examinadora, em no máximo 24h, resposta a todas as considerações elencadas. A atividade Fase Recursal corresponde a 10% da nota total. O confronto de análises de diferentes equipes com a análise desenvolvida pelos membros da Banca Examinadora irá indicar a nota da equipe neste quesito, bem como possíveis penalizações às equipes que cometerem erros grosseiros.

Verificar: Repasse de Pró-labore

Uma crítica muito comum aos trabalhos em grupo por parte dos alunos decorre da diferença de comprometimento entre os membros. De forma a propiciar uma autoavaliação do indivíduo e do grupo (avalia-

ção 360 graus), a etapa Repasse de Pró-labore permite a diferenciação de nota entre os membros de uma mesma equipe com um delta de até 1 ponto (até 0,5 positivo e 0,5 negativo na pontuação total da equipe). Esse exercício de autocrítica e de relacionamento interpessoal é pouco aplicado nas atividades acadêmicas, mas sua reflexão gera o amadurecimento do indivíduo como profissional, sendo relevante para a proposta do Projeto. A negociação de valores conforme participação é interna à equipe, autodeclarada e consensual, por meio da assinatura do Termo de Repasse de Pró-labore.

Verificar: Distribuição de Lucros

Como citado anteriormente, para participarem da etapa de Abertura dos Envelopes, os alunos precisam de certos pontos de ARTs, que são obtidos através de exercícios ao longo do semestre. Com o objetivo de motivar a realização destes exercícios pelos alunos, será dado um máximo de até um ponto para a nota individual do trabalho, dependendo da quantidade de pontos obtidos. Será utilizada uma distribuição normal, com a equipe com mais pontos de ART recebendo um ponto extra, com seus integrantes recebendo este ponto pro rata, segundo sua pontuação individual.

Verificar: Pesquisa de Satisfação

A Pesquisa de Satisfação é a etapa que encerra a participação dos alunos no Projeto. É nesta etapa que o aluno tem a possibilidade de avaliar o Projeto Ponto de Partida, como atividade **lúdico-real-didática** (LRD),

por meio de um formulário eletrônico. A construção do formulário utilizou um conjunto de modelos empregados na avaliação de jogos educacionais, apresentados no tópico Pesquisa de Satisfação.

Agir: Análise das Propostas

A Análise das Propostas é a etapa que inaugura o passo Agir do ciclo PDCA do Projeto. Esta etapa é desenvolvida pela Comissão de Licitação que, inicialmente, analisa os recursos encaminhados pelas equipes concorrentes. A pontuação de até 10 % da nota total do trabalho sobre a etapa de Fase Recursal é atribuída pela Comissão de Licitação em função da capacidade verificada na equipe fiscalizadora em identificar problemas existentes nas propostas concorrentes.

As equipes fiscalizadas que apresentarem problemas no projeto, com possibilidade de alteração dos indicadores de desempenho utilizados para elaboração da Proposta Técnica e de Preços, poderão ser penalizadas com acréscimo de valores percentuais sobre o custo total da terraplenagem. Em caso de erros graves repetidos, a Comissão de Licitação poderá desqualificar a equipe, zerando a pontuação na etapa de Abertura dos Envelopes.

Uma vez tendo-se computado os 20 % da etapa de Audiência Pública, os 20 % da etapa da Abertura dos Envelopes e os 10 % da etapa Fase Recursal, inicia-se a avaliação da Proposta encaminhada pela equipe como trabalho didático (Figura 10). Esta avaliação considera aspectos de

precisão, de forma, de português, de conteúdos presentes e de outros tantos critérios utilizados na correção de trabalhos didáticos. Tal item equivale a 50 % da nota total do trabalho.

Figura 10: correção dos projetos.



Descrição da Figura 10: mesa com o material entregue pelas equipes e monitores da disciplina corrigindo o material das equipes. — Fonte: os autores.

Agir: Homologação (Premiação)

Após a etapa de análise das propostas, é realizado um evento no qual os melhores projetos são premiados com um valor em dinheiro (dependendo dos recursos obtidos junto a patrocinadores da edição do projeto), e com a possibilidade de publicação do material gerado. Além da premiação das equipes, 50 % dos recursos obtidos serão doados para

as entidades beneficentes escolhidas pela equipe vencedora (25 %) e pela turma (25 %). A doação de parte dos recursos visa promover o conceito de responsabilidade social das empresas (grupos).

Agir: Análise da Edição do Projeto

A Comissão de Licitação, de posse dos apontamentos registrados ao longo de todas as etapas desenvolvidas no projeto, das avaliações finais das equipes e dos dados da pesquisa de satisfação dos alunos, desenvolve, nesta etapa, a análise da Edição do Projeto. Os aspectos positivos e negativos identificados devem ser registrados como novas orientações para o conjunto de 'boas práticas' a serem retomadas nas etapas de Planejamento da Edição seguinte.

Agir: Publicação

De forma a oferecer subsídios para edições futuras do Projeto e consolidar a produção intelectual desenvolvida por todos os agentes envolvidos, cada Edição do Projeto Ponto de Partida será considerada concluída quando da publicação dos projetos das três melhores equipes. Por meio de uma atividade de extensão, pretende-se envolver alunos voluntários, oriundos do projeto, na produção da publicação em formato *eBook*. Tal produção permitirá apropriar autoria de capítulo tanto aos alunos participantes (somente com a assinatura do Contrato de Cessão de Direitos Autorais e Publicações), como à Banca Examina-

dora. Reunir e disponibilizar as publicações das edições do Projeto em um meio eletrônico/digital de fácil acesso é a principal contribuição para as edições subsequentes (Figura 11).

Figura 11: relatório de atividades das edições semestrais do Projeto Ponto de Partida.



Descrição da Figura 11: imagem das capas de relatório de atividades de 3 edições do Projeto, todas elas com imagens de rodovias, dados do ISBN das edições de 2016/01 e 02 e 2017/01. – Fonte: os autores.

Desenhado para ser replicado em diferentes instituições de Ensino superior, o PPP já foi implementado em diversas instituições no estado do Rio Grande (UFRGS, UFSM, Univates, Unisc, UCS e Ulbra). A Figura 12 reúne imagens de diferentes etapas do Projeto Ponto de Partida em instituições que adotaram o Projeto.

Figura 12: Projeto Ponto de Partida em instituições de ensino superior.



Descrição da Figura 12: seis fotos de salas de aula de diferentes etapas do projeto em diferentes instituições que adotaram o PPP. – Fonte: os autores.

Na Figura 13, é possível observar alunos reunidos no evento de encerramento/premiação do Projeto Ponto de Partida (edição 2017/1), junto com representantes que compõem a Comissão de Licitação e autoridades.

Figura 13: evento de encerramento/premiação do Projeto Ponto de Partida.



Descrição da Figura 13: 4 fotos dos alunos reunidos junto com representantes que compõem a Comissão de Licitação e autoridades para foto no evento de encerramento/premiação do Projeto Ponto de Partida. Em 3 delas as equipes seguram um cheque em tamanho extra grande representado o valor recebido pela equipe. – Fonte: os autores.

2.2.2 Confronto entre habilidades e etapas do projeto

O Projeto Ponto de Partida foi concebido visando ampliar as habilidades (competências) dos alunos de engenharia na área de projetos rodoviários. Para tanto, a estruturação da atividade lúdico-real-didática visa oferecer tarefas que permitam o aprimoramento das competências conhecimento, habilidade e atitude (Mascarenhas, 2008, p. 184). No que se refere à atitude, procurou-se contemplar todas as habilidades elencadas por Nguyen (1998).

competências associadas à atitude são as comumente negligenciadas no ensino tradicional. O desdobramento da atitude nas dez componentes registradas no Quadro 3 caracterizam-se como o grande diferencial da presente proposta lúdico-real-didática.

Conforme pode ser observado no Quadro 3, a atitude com maior pontuação, ou seja, a que é mais estimulada pelo projeto é a Competência, seguida pelo Comprometimento, Integridade e Confiabilidade. No outro extremo, as duas atitudes com menor pontuação no projeto são: Compromisso com a aprendizagem e Pontualidade. Contudo, mesmo as habilidades com menor pontuação no quadro apresentam pelo menos uma etapa com relação classificada como forte.

A etapa Abertura dos Envelopes é a de maior pontuação no Quadro 3. As etapas de Atividades de ARTs, de Publicação do Edital e de Audiência Pública também são responsáveis pela cobrança/exercício de boa parte das atitudes consideradas. As etapas de Fase Recursal, de Repasse de Pró-labore e de Distribuição de Lucros, embora estejam no extremo oposto da pontuação, contribuem significativamente para as atitudes Consciência, Comprometimento, Tolerância e Flexibilidade.

2.2.3 Metodologia para avaliação dos projetos das equipes

O Projeto desenvolve-se ao longo do semestre (16 semanas) e procura simular uma Concorrência Pública para um projeto de rodovias, conforme estabelecido na Lei 8666/93. As equipes, formadas por até quatro alunos, concorrem entre si de forma a vencer a licitação.

Em editais do DNIT para “Tomada de Preços para Seleção de Empresas de Consultoria para Execução de Projeto” (BRASIL, 2003) a avaliação dos projetos se dá por meio de uma Nota Final (*NF*) formada pela Nota da Proposta Técnica (*NPT*) e Nota da Proposta de Preços (*NPP*), usualmente calculada a partir da equação 01.

$$NF = \frac{(7 \times NPT + 3 \times NPP)}{10} \quad (1)$$

Onde: *NF* é a Nota Final, *NPT* é a Nota da Proposta Técnica e *NPP* é a Nota da Proposta de Preço.

A Nota da Proposta de Preço (*NPP*) é obtida por meio da equação 02, ou outra especificada no Edital.

$$NPP = \frac{100 \times MPVO}{P} \quad (2)$$

Onde: *NPP* é Nota da Proposta de Preço, *MPVO* é o Menor Preço Válido Ofertado e *P* é o valor da Proposta de Preço do licitante considerado.

A composição da Nota da Proposta Técnica (*NPT*) geralmente utiliza os critérios: (i) Conhecimento do Problema – 30 % da nota, (ii) Plano de Trabalho – 30 % da nota, e (iii) Equipe Técnica – 40 % da nota, e tem a mesma amplitude da *NPP*, variando entre 0 e 100.

A impossibilidade de avaliar de forma objetiva as equipes, pelos critérios que compõem a Nota da Proposta Técnica, resultou na justificativa do presente trabalho, que tem por objetivo a proposição de Indicadores

de Desempenho para avaliar projetos de rodovias concorrentes quanto às etapas de Estudos Topográficos, Projeto Geométrico e Projeto de Terraplenagem.

Indicadores de Desempenho são ferramentas de gestão que permitem medir e avaliar o desempenho de processos e/ou organizações. Um exemplo de Indicador de Desempenho é o IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) (UNDP, 2016). Uma crítica comum aos Indicadores de Desempenho decorre da simplificação de valores tangíveis e intangíveis a um único número.

O termo “indicadores chave de desempenho” (*Key Performance Indicators* – KPI) ainda não é comumente empregado em projeto e construção de estradas (Molenaar; Navarro, 2011). A oportunidade de adoção de KPIs de forma contratual resultaria em um processo menos subjetivo, ou seja, mais transparente. Pesquisas focadas na seleção de projetos (*Project Delivery System*) vêm apresentando resultados em diferentes setores da indústria, embora segundo o *Georgia Department of Transportation* (GDOT), no setor de transportes ainda sejam limitadas (Ashuri; Mostaan; Hannon, 2013).

As iniciativas para tornar mais objetiva a avaliação de projetos concentram-se no processo e nos critérios de seleção. Touran *et al.* (2009) avaliam o processo de seleção como: (i) definição dos fatores de seleção com base nas metas alvejadas; (ii) definição do peso dos fatores, conforme sua influência no sucesso do projeto; e (iii) definição do método de pontuação e obtenção da pontuação final. Já Love *et al.* (2012) caracterizam como critérios importantes na seleção de projetos públicos: (i) tempo (prazo), (ii) certeza do cumprimento do tempo (cronograma),

(iii) certeza do custo (precisão), (iv) competitividade do preço (seleção de custos), (v) flexibilidade (variabilidade necessária), (vi) complexibilidade (especialização), (vii) qualidade (conceito), (viii) responsabilidade (sintonia com o cliente) e (ix) risco (reflexo nos custos).

No Projeto Ponto de Partida, as áreas de conhecimento a serem avaliadas, contribuindo para a formação da Nota da Proposta Técnica, foram divididas em três: (i) Estudos Topográficos, (ii) Projeto Geométrico e (iii) Projeto de Terraplenagem. Os Indicadores de Desempenho selecionados devem considerar dimensões complementares, capazes de caracterizar uma adequada representação do todo. Outro aspecto relevante decorre da simplicidade para obtenção dos dados necessários para calcular o indicador nas diferentes etapas do projeto.

Os indicadores propostos devem permitir o confronto entre alternativas e a construção de uma base de dados que será utilizada para caracterizar diferentes configurações de projeto. Para tanto, foi fundamental a utilização de indicadores relativos em detrimento de indicadores absolutos. Dos nove indicadores propostos, apenas um é absoluto, sem produzir prejuízo a comparações de diferentes projetos, neste caso.

As áreas avaliadas no projeto são as definidoras da Dimensão Sequencial (ordem) atribuída aos indicadores. Neste contexto, o Estudo de Traçado faz parte da dimensão sequencial classificada como **prévia**, o Projeto Geométrico como **decorrente** e o Projeto de Terraplenagem como **subsequente**. Tal dimensão estabelece a sequência lógica do projeto e as possíveis relações de causa e efeito entre os indicadores (Quadro 4).

Quadro 4: Indicadores de Desempenho segundo Dimensões.

		Dimensão Espacial			Dimensão Contextual
		Planimetria	Altimetria	Seções Transversais	
Dimensão Sequencial	Estudo de Traçado (Prévia)	Acréscimo sobre a diretriz (%)	Porcentagem de declividades anômalas (%)	Interferências por quilômetro (un/km)	
	Projeto Geométrico (Decorrente)	Tortuosidade média (%/mkm)	Esforço altimétrico adicional percentual (%)	Acréscimo sobre a plataforma (%)	
	Projeto de Terraplenagem (Subsequente)	Distância média de transporte – DMT (km)	Volume de terraplenagem transportado por quilômetro (m ³ /km)	Porcentagem de volumes externos ao trecho (%)	

Fonte: autores.

A outra dimensão adotada para a seleção dos indicadores foi a **Espacial-Contextual**. A dimensão espacial foi subdividida nas vistas características de um Projeto Geométrico de Rodovias (planimétrica, altimétrica e seções transversais). A dimensão contextual reúne os elementos anteriores à elaboração do projeto, referentes ao cenário proposto. A existência de rios, sistema viário, edificações, mata nativa e relevo fazem parte da dimensão Contextual.

Os Indicadores de Desempenho (Quadro 4) foram selecionados de forma a preencher o máximo de quadriculas da matriz com o menor número de indicadores possível, sem perder a caracterização das etapas dispostas nas referidas dimensões. O total de nove indicadores resultou da distribuição de três indicadores para cada uma das etapas da dimensão sequencial.

Indicadores para Estudo de Traçado – ET

O Estudo de Traçado é uma etapa prévia ao Projeto Geométrico. Sobre mapas, cartas geográficas, restituições e/ou bases de dados em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), o projetista avalia as condicionantes de relevo hidrológicas, geológicas, de uso do solo, entre outras, para definir alternativas de traçado com viabilidade técnica, econômica e ambiental.

Os indicadores de desempenho para Estudo de Traçado caracterizam-se por sua simplicidade de obtenção. Conforme mostrado no Quadro 4, os indicadores desta área, apresentados a seguir, avaliam características planimétricas, altimétricas e de contexto, sendo esta última associada à seção transversal a partir da análise das interferências sobre a faixa de domínio:

- **ET1 – Acréscimo sobre a diretriz:** tradicional indicador planimétrico relativo do Projeto Geométrico. No Projeto Ponto de Partida é utilizado para avaliar a etapa de Estudos de Traçado. É calculado dividindo-se a distância percorrida ao longo do trecho pela distância em linha reta (diretriz). Como o indicador refere-se a acréscimo, deve ser subtraído o valor 1 da divisão (equação 03). É apresentado em porcentagem e seu sentido indica: quanto menor melhor. O valor de 0 % é o menor possível, não existindo um limite superior. Traçados em regiões montanhosas, geralmente, apresentam índices superiores aos de regiões onduladas e estes aos dos traçados em regiões planas.

$$ET1 = \left(\frac{E}{D} - 1 \right) \times 100 \quad (3)$$

Onde: $ET1$ é o acréscimo sobre a diretriz (%), E é a extensão do trecho (m) e D é a distância em diretriz (m).

- **ET2 – Porcentagem de declividades anômalas:** indicador altimétrico relativo, que avalia a proporção de trechos do perfil longitudinal do terreno em aclives e declives, com declividade superior à estabelecida para o projeto por norma, sobre a extensão total do trecho (equação 04). O sentido do indicador é: quanto menor melhor. O indicador pode variar entre 0 % e 100 %.

$$ET2 = \left(\frac{\sum E_A + \sum E_D}{E} \right) \times 100 \quad (4)$$

Onde: $ET2$ é a porcentagem de declividades anômalas (%), E é a extensão do trecho (m) e E_A e E_D são as extensões em aclives ou declives com declividade superior à de norma (m).

- **ET3 – Interferências por quilômetro:** indicador relativo de registro de situações adversas pontuais (corpos d'água, mata nativa, edificações, redes de alta tensão etc.). O indicador resulta da divisão das ocorrências pela extensão do trecho (equação 05). O valor 0,0 un/km é o menor possível, não existindo limite superior. O sentido da escala é: quanto menor melhor. Em caso de situações com interferências não pontuais (mata nativa, área inundável e incorporação de vias existentes) deve-se determinar uma extensão com equivalência a uma unidade. No Projeto Ponto de Partida, a

unidade do indicador é definida para extensões de interferências contínuas de 100 metros (um segmento de 160 metros sobre área inundável resultará em duas interferências).

$$ET3 = \frac{\sum I}{E} \quad (5)$$

Onde: $ET3$ é o indicador de interferências por quilômetro (un/km), E é a extensão do trecho (km) e I é o número de interferências (un).

Indicadores para Projeto Geométrico – PG

O Projeto Geométrico decorre do Estudo de Traçado e produz efeitos sobre o Projeto de Terraplenagem. A configuração espacial (tridimensional) do corpo estradal está bem caracterizada nos indicadores selecionados por meio das vistas planialtimétricas e das seções transversais. A dimensão contextual, nesta etapa, contribui para caracterização dos offsets e consequentes taludes da seção transversal. Os indicadores são apresentados a seguir:

- **PG1 – Tortuosidade média:** indicador planimétrico relativo clássico do Projeto Geométrico. A tortuosidade de uma curva circular é obtida a partir da divisão do ângulo central pelo seu raio (equação 06). Curvas com transição em espiral possuem uma equação própria e são menos tortuosas do que as circulares de mesmo raio (equação 07). A tortuosidade média resulta da soma de todas as tortuosidades dividida pela extensão do trecho (equação 08). O valor 0,000 %/mkm indica um trecho viário sem curvas. O sentido da

escala é: quanto menor melhor. Regiões montanhosas geralmente apresentam tortuosidades mais elevadas em relação à tortuosidade de regiões onduladas e planas.

$$T_C = A_C/R \quad (6)$$

$$T_T = \frac{\theta + (S_{C_1} + S_{C_2})/3}{R} \quad (7)$$

$$PG1 = \frac{\sum T_C + \sum T_T}{E} \quad (8)$$

Onde: $PG1$ é a tortuosidade média ($^{\circ}/mkm$); E é a extensão do trecho (km); T_C e T_T são as tortuosidades na curva circular simples e na curva com transição ($^{\circ}/m$); R é o raio da curva (m); A_C é o ângulo central da curva ($^{\circ}$ decimais); θ é o ângulo central do trecho circular para curva com transição ($^{\circ}$ decimais); e S_{C_1} e S_{C_2} são os ângulos da transição na entrada e na saída da curva ($^{\circ}$ decimais).

- **PG2 – Esforço altimétrico adicional percentual:** o esforço altimétrico adicional decorre da divisão do comprimento virtual médio pela extensão do trecho, descontado da unidade (equação 11). O comprimento virtual é um indicador altimétrico absoluto clássico do Projeto Geométrico. Tem por propósito transformar a extensão do trecho viário em uma extensão equivalente para um trecho em nível, majorando as distâncias em aclive, em virtude da queda de desempenho mecânico dos veículos. Como uma rodovia geralmente possui

dois sentidos, com rampas em auge e declive, deve-se determinar o comprimento virtual em ambos (ida e volta, equações 09 e 10). O comprimento virtual resulta da média entre estes. Como o comprimento virtual é um indicador absoluto, não se presta para comparações entre trechos, de forma que o indicador Esforço altimétrico adicional percentual passa a ser relativo, permitindo o confronto entre projetos distintos. O sentido da escala é: quanto menor melhor. O menor valor possível é de 0,0 % para um trecho viário em nível.

$$CV_{IDA} = E + \sum E_A \times \frac{i}{r} \quad (9)$$

$$CV_{VOLTA} = E + \sum E_D \times \frac{i}{r} \quad (10)$$

$$PG2 = ((CV_{IDA} + CV_{VOLTA}) / (2 \times E) - 1) \times 100 \quad (11)$$

Onde: $PG2$ é o esforço altimétrico adicional (%); E é a extensão do trecho (m); E_A e E_D são as extensões em auge e declive (m); CV_{IDA} e CV_{VOLTA} são os comprimentos virtuais de ida e volta (m); i é a declividade da rampa (decimal); e r é o coeficiente de resistência ao rolamento (0,02 para rodovias pavimentadas).

- **PG3 – Acréscimo sobre a plataforma:** indicador relativo para seções transversais de projeto. O acréscimo sobre a plataforma de uma seção de projeto resulta da divisão da distância (horizontal) entre seus offsets pela largura da plataforma de terraplenagem. O

indicador para o trecho resulta do somatório das proporções por estaca, dividido pelo número de estacas (equação 12). Como o indicador refere-se a acréscimo, deve ser subtraído o valor 1 do resultado obtido. A relação estabelecida indica o 'grau de aderência' da seção de projeto ao terreno natural. O valor mínimo de 0,0% indica aderência plena. O sentido da escala é: quanto menor melhor. Cortes e/ou aterros elevados com banquetas e bermas podem fazer com que este indicador ultrapasse 100%.

$$PG3 = \left(\sum \left(\frac{l_o}{l_p} - 1 \right) \right) / n \times 100 \quad (12)$$

Onde: $PG3$ é o acréscimo sobre plataforma (%); l_o e l_p são as larguras entre offsets e da plataforma de terraplenagem de uma seção (m); e n é o número de estacas (un).

Indicadores para Projeto de Terraplenagem – PT

O Projeto de Terraplenagem é resultante do Projeto Geométrico. Um bom Projeto Geométrico deverá contemplar aspectos a serem considerados no Projeto de Terraplenagem. Tentar minimizar e equilibrar materiais de origem (cortes, empréstimos e jazidas) e de destino (aterros, depósitos e bota-foras) são questões a serem consideradas no Projeto de Terraplenagem que podem ser antevistas no Projeto Geométrico. Os indicadores selecionados são:

- **PT1 – Volume de terraplenagem transportado por quilômetro:** indicador relativo de projetos de terraplenagem. Resulta do total dos volumes de material de origem de terraplenagem transporta-

dos, dividido pela extensão do trecho (equação 13). Os volumes de origem contemplam maciços de cortes, empréstimos laterais, jazidas e todos aqueles em que é executado algum tipo de escavação. De forma a simplificar o cálculo do indicador, não são utilizados fatores de homogeneização e/ou empolamento, sendo os volumes considerados na origem de forma geométrica. O sentido da escala é: quanto menor melhor. Não existe um valor mínimo e nem máximo preestabelecido.

$$PT1 = \frac{\sum V_o}{E} \quad (13)$$

Onde: $PT1$ é o volume de terraplenagem transportado por quilômetro (m^3/km); E é a extensão do trecho (km); e V_o é o volume geométrico de materiais de origem (m^3).

- **PT2 – Distância média de transporte (DMT):** tradicional indicador de projetos de terraplenagem. Decorre da média ponderada das distâncias de transporte obtida a partir da distribuição de terraplenagem (Quadro Origem-Destino). O fator de ponderação utilizado é o volume transportado medido na origem (geométrico). O valor mínimo usual é de 0,050 km para um trecho viário com compensação lateral (transversal) de volumes. Em compensações longitudinais, entre os centros de gravidade dos maciços, a DMT resultante será mais elevada. O sentido da escala é: quanto menor melhor. Embora o indicador não seja relativo, ele permite o confronto de diferentes projetos de terraplenagem de rodovias (equação 14).

$$PT2 = \frac{\sum(V_o \times d)}{\sum V_o} \quad (14)$$

Onde: $PT2$ é a distância média de transporte (m); V_o é o volume geométrico de materiais de origem (m^3); e d é a distância de transporte entre os centros de massa dos maciços (m).

- **PT3 – Porcentagem de volumes externos ao trecho:** indicador relativo de projetos de terraplenagem. Avalia a proporção entre volumes transportados externos ao trecho sobre os volumes de material de origem de terraplenagem transportados (equação 15). Volumes externos ao trecho decorrem do somatório dos volumes geométricos de maciços importados (empréstimos, jazidas etc.) e exportados (depósitos, bota-foras etc.). O valor mínimo é de 0,0% e indica que a compensação de terraplenagem se dá entre os volumes de corte e aterro dos maciços do trecho. O sentido da escala é: quanto menor melhor. Como os maciços importados integram os volumes de origem de terraplenagem, estes impactam menos o indicador do que os maciços exportados.

$$PT3 = \frac{\sum V_{OE} + \sum V_{DE}}{\sum V_o - \sum V_{OE}} \times 100 \quad (15)$$

Onde: $PT3$ é a porcentagem de volumes externos ao trecho (%); V_o é o volume geométrico de matérias de origem (m^3); V_{OE} é o volume geométrico de matérias de origem externos ao trecho – jazidas (m^3); e V_{DE} é o volume geométrico de matérias de destino externos ao trecho – bota-foras (m^3).

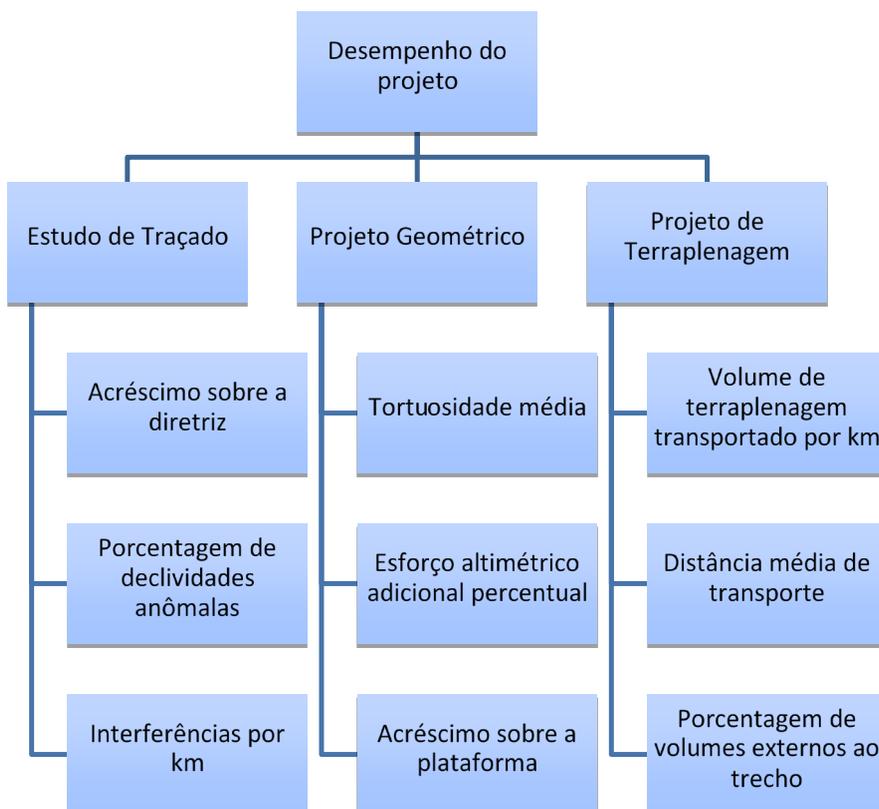
Para a ponderação dos indicadores, o procedimento metodológico adotado utiliza as técnicas do Processo Analítico Hierárquico – AHP e do Painel de Especialistas, apresentadas a seguir.

O método AHP é uma técnica de análise multicritério da família de metodologias de ajuda na tomada de decisão de tipo de atribuição indireta, e atualmente constitui uma das ferramentas mais potentes dentre as metodologias de análise multicritério discretas (Nosal; Solecka, 2014). O processo de aplicação baseia-se na estruturação e comparação dos elementos do problema de forma hierárquica e na análise da consistência lógica dos resultados.

Neste trabalho, a finalidade fundamental de aplicação do método AHP foi a obtenção dos pesos dos Indicadores de Desempenho definidos para a avaliação de projetos concorrentes. Para alcançar a ponderação destes indicadores, definidos como critérios e subcritérios do modelo de decisão, é necessário construir matrizes quadradas para cada grupo de atributos (tamanho $n \times n$, sendo n o número de elementos), em que cada valor da matriz representa o número de vezes que o atributo da linha é mais importante que o atributo localizado na coluna, a partir de uma estrutura hierárquica gerada pelo objetivo, critérios e subcritérios do problema (Figura 14). Nestas comparações por pares, o método AHP utiliza uma escala predefinida, chamada escala fundamental de Saaty, que assume valores entre 1 e 9 (e sua recíproca, entre 1 e 1/9) (Quadro 5) (Saaty, 1980; Kablan, 2004). Estas matrizes de comparações pareadas são simétricas inversas, ou seja, os valores localizados acima da diagonal são os inversos dos localizados abaixo, e os valores da diagonal são iguais à unidade (visto que representam a comparação de um atributo com ele

mesmo). Essas características peculiares das matrizes fazem que o auto-vetor associado ao autovalor dominante ou valor característico médio de cada matriz represente o conjunto de pesos de cada grupo de indicadores na hierarquia estabelecida em relação ao elemento do nível superior (Barba-Romero; Pomerol, 2000; Kablan, 2004).

Figura 14: hierarquia utilizada para aplicação do método AHP.



Descrição da Figura 14: diagrama de árvore apresentando a hierarquia da aplicação do método AHP dividindo o Desempenho do projeto em 3 ramos: Estudo de Traçado, Projeto Geométrico e Projeto de Terraplanagem. — Fonte: os autores.

Quadro 5: escala de correspondência entre a escala fundamental de Saaty e as etiquetas linguísticas utilizadas na pesquisa.

Intensidade importância	Termo linguístico	Escala de Saaty
1	Igualmente importante	1
2	Um pouco mais importante	3
3	Mais importante	5
4	Muito mais importante	7
5	Extremamente mais importante	9

Fonte: adaptado de Ruiz-Padillo *et al.* (2016).

O procedimento de cálculo desses vetores de pesos estabelecido no AHP é aproximado, já que, na prática, o decisor pode cometer certas inconsistências na estimação das comparações de importância por pares de critérios. Para diminuir os erros e a influência da subjetividade das avaliações nos resultados, os elementos das matrizes de comparações são obtidos a partir das avaliações dos participantes do painel de especialistas. Igualmente, o método AHP conta com uma estimativa da consistência do processo, que avalia o nível de aproximação alcançado com o resultado (Saaty, 1980; Kablan, 2004), mediante a denominada razão de consistência (RC). A RC é obtida mediante a comparação do índice de consistência (IC) do autovetor com o índice de consistência aleatório ou randômico médio (IR) apropriado ao tamanho da matriz de comparações (SAATY, 1980) (equações 16 e 17):

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (16)$$

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (17)$$

Onde: λ_{max} é o autovalor dominante da matriz; n é o tamanho da matriz; e IR é derivado de uma amostra de 500 matrizes recíprocas inversas geradas aleatoriamente utilizando a escala fundamental de Saaty, em que IR é o índice de consistência aleatório ou randômico, parâmetro estabelecido por Saaty em função do tamanho da matriz de comparações pareadas (Quadro 6).

Quadro 6: índice de consistência aleatório (IR) do AHP.

n (tamanho da matriz quadrada)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR (Índice de Consistência Aleatório)	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: adaptado de Saaty (1980).

Em geral, se a razão de consistência for maior que 0,10 (10 %), é recomendável estudar novamente o problema e revisar as avaliações realizadas. Para $n=3$, este limiar é fixado em 5 % e para $n=4$ em 8 % (Ruiz-Padillo *et al.*, 2016).

Finalmente, os pesos obtidos devem ser normalizados, para apresentá-los de forma adimensional. Dentre as diferentes técnicas de normalização, a presente pesquisa utilizou o procedimento linear, que apresenta cada valor como uma porcentagem do total, ou seja,

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum x_{ij}} \quad (18)$$

Onde: r_{ij} são os valores normalizados; e x_{ij} são os valores obtidos diretamente da avaliação dos indicadores.

Com o objetivo de evitar resultados tendenciosos e reduzir o grau de subjetividade presente nas avaliações individuais dos indicadores, foi utilizada a técnica do painel de especialistas para obter os dados das comparações por pares dos critérios hierarquizados do problema, que serviram para preencher as matrizes de comparações onde aplicar o método AHP (Egilmez *et al.*, 2015; Sun *et al.*, 2015; Ruiz-Padillo *et al.*, 2016).

Sendo assim, foi elaborado um questionário informático que foi enviado por correio eletrônico aos integrantes do painel de especialistas. O questionário foi testado previamente em uma amostra restrita selecionada por conveniência, e as dificuldades apontadas neste pré-teste foram analisadas com o objetivo de aprimorar o questionário, tornando-o definitivo.

Os participantes do painel de especialistas foram escolhidos dentre quatro grupos de profissionais competentes no objeto de estudo, no âmbito do Estado do Rio Grande do Sul: (i) professores (docentes das disciplinas de projeto de rodovias e pesquisadores); (ii) projetistas (diretores, coordenadores e projetistas com experiência em desenho geométrico); (iii) fiscais (representantes da Administração Pública, tanto federal quanto estadual, relacionados com a infraestrutura de rodovias); e (iv) alunos (discentes que participaram do projeto).

Ao total, foram enviados 60 questionários e destes foram recebidas 36 respostas, com representação suficiente de todos os grupos definidos (Turoff, 1970). Os questionários foram apresentados em planilhas dinâmicas, em que as perguntas oferecidas aos especialistas eram elaboradas em função das respostas prévias dadas pelo respondente. Os questionários incluíam uma breve explicação do processo e de alguns conceitos importantes na pesquisa, além das instruções para seu preenchimento. Em seguida, foi apresentado e definido cada grupo de indicadores utilizados na pesquisa, assim como um *link* para breves vídeos explicativos sobre o conceito avaliado com cada indicador. Os respondentes deviam ordenar os atributos de maior a menor importância dentro de cada grupo em relação ao objetivo da pesquisa. Após isso, os especialistas deviam atribuir um grau de importância sobre a comparação de cada critério ou subcritério com os demais, utilizando a escala pré-estabelecida de campos semânticos, vinculada à escala de avaliação de Saaty, levando em conta o objetivo e a hierarquia estabelecidos na pesquisa.

Preenchido o questionário, o especialista devia enviar o arquivo aos autores do estudo. Finalizado o processo de recepção de questionários respondidos, todos os dados recebidos foram agregados para realizar as avaliações globais representativas do painel de especialistas. Para isso foi utilizada a média geométrica dos dados individuais de cada grupo e dos grupos entre si, já que esta foi a técnica de agregação proposta por Saaty no caso da obtenção das comparações pareadas entre critérios e subcritérios a partir de diversos especialistas ou decisores para aplicação do AHP (Saaty, 1990; Ruiz-Padillo *et al.*, 2016).

A síntese dos resultados obtidos pode ser observada no Quadro 7. É importante destacar que a Razão de Consistência (RC) foi obtida para os dados totais e para os dados de todos os grupos com uma única exceção: indicadores na área de Estudo de Traçado para o grupo professores. Por tratar-se de uma única inconsistência em quinze possíveis, resolveu-se registrar esta ocorrência e persistir nas demais análises.

Quadro 7: peso e razão de consistência para os Indicadores de Desempenho.

Área	Peso Área	Código	Denominação	Unid.	Peso por grupos				Peso Ind.
					Prof.	Proj.	Fisc.	Alunos	
Estudo de Traçado	54 %	ET1	Acréscimo sobre a diretriz	%	6%*	9%	17%	9%	10%
		ET2	Porcentagem de declividades anômalas	%	21%*	15%	19%	28%	24%
		ET3	Interferências por km	un/km	24%*	25%	19%	14%	20%
		Razão de consistência (RC) dos indicadores na área				13%	3%	1%	0%
Projeto Geométrico	34 %	PG1	Tortuosidade média	°/mkm	12%	17%	8%	19%	14%
		PG2	Esforço altimétrico adicional percentual	%	17%	13%	12%	9%	13%
		PG3	Acréscimo sobre a plataforma	%	7%	9%	3%	11%	7%
		Razão de consistência (RC) dos indicadores na área				0%	0%	5%	0%
Projeto de Terrap.	12 %	PT1	Vol. de terraplenagem transportado/km	m³/km	4%	4%	6%	3%	4%
		PT2	Distância média de transporte (DMT)	km	5%	4%	3%	3%	4%
		PT3	Porcentagem de vol. externos ao trecho	%	4%	4%	3%	4%	4%
		Razão de consistência (RC) dos indicadores na área				0%	1%	4%	0%
Razão de consistência (RC) de área					3%	5%	3%	4%	4%

*Os valores não são consistentes, visto que o RC do grupo ficou acima de 5%.

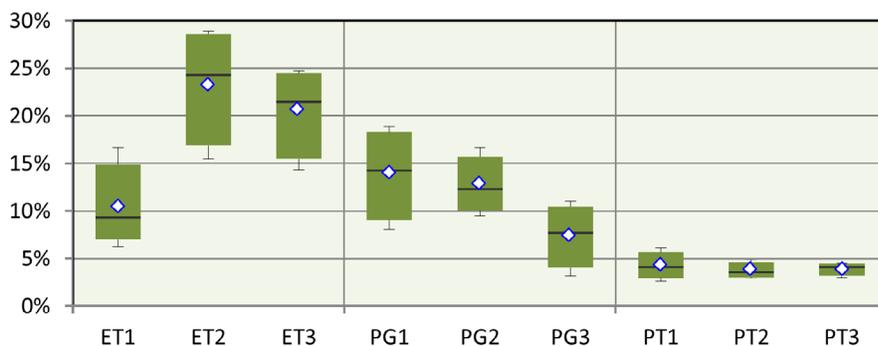
Fonte: autores.

A primeira observação que pode ser feita a partir da análise do Quadro 7 decorre da relevância dada à área Estudo de Traçado sobre as demais (o peso da área equivalente a 54 %). Entre os grupos, o peso da área de Estudo de Traçado variou entre 49 % (Projetistas) e 65 % (Fiscais). Professores e alunos indicaram um peso intermediário equivalente a 51 %. Tal magnitude e distribuição indicam que, para todos os grupos, a dimensão sequencial prévia, Estudo de Traçado, é a mais relevante para a análise da qualidade do projeto.

Os pesos por área indicam um significativo decréscimo da relevância conforme se avança na dimensão sequencial. O Projeto Geométrico (etapa decorrente) obteve 34 % do peso por área e o Projeto de Terraplenagem (etapa subsequente) apenas 12 %. A homogeneidade de valores entre os diferentes grupos verifica-se, em especial, no Projeto de Terraplenagem.

A distribuição dos pesos por indicador (Figura 15) permite visualizar a importância dada para cada uma das três áreas e para cada indicador. Entre os indicadores, o *ET2* foi o que apresentou o maior peso (24 %). Tal importância provavelmente está associada à compreensão de que este indicador é o mais relevante na hora de se avaliar a viabilidade técnica de um projeto rodoviário, em especial em regiões montanhosas. Em segundo lugar, o indicador *ET3* (20 %) sugere que elementos da dimensão contextual sejam significativos para um projeto rodoviário. Enquanto o indicador *ET2* foi considerado como o mais importante por fiscais e alunos, o indicador *ET3* foi o escolhido por professores e projetistas (fazendo a ressalva de que o grupo professores não apresentou razão de consistência para a área).

Figura 15: *Boxplot* dos Indicadores de Desempenho.



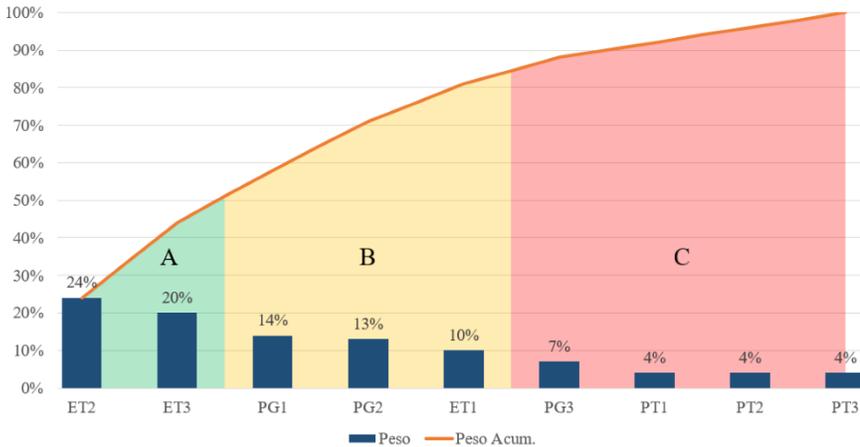
Descrição da Figura 15: gráfico do tipo *Boxplot* dos 9 indicadores de desempenho adotados. – Fonte: os autores.

Entre os indicadores da área de Projeto Geométrico, o *PG1* (14 %) e o *PG2* (13 %) foram os de maior peso. Verifica-se a predominância das dimensões espaciais planimétrica e altimétrica sobre as seções transversais e a dimensão contextual. Tal importância pode estar associada ao grau de exigência por norma de parâmetros mínimos e máximos (raios de curvas horizontais, intertangentes, rampas, parábolas de curvas verticais) vinculados ao projeto planialtimétrico. Na área do Projeto de Terraplenagem, não foi possível registrar nenhum dos indicadores como o mais relevante. A importância dada pelos grupos, além de homogênea, foi a mais baixa. Tal avaliação sugere a percepção do Projeto de Terraplenagem como uma consequência do Projeto Geométrico e das definições prévias no Estudo de Traçado, indicando pouca “margem de manobra” para melhorias no projeto como um todo, nesta etapa do projeto.

Uma análise do tipo Curva ABC (Carvalho, 2002) para os indicadores estabelece que (Figura 16): 22 % do número de critérios (*ET2* e *ET3*) respondem por 44 % da importância acumulada; 33 % (*PG1*, *PG2*

e ET1) equivalem a 37 % da importância acumulada; e os demais 45 % (PG3, PT1, PT2 e PT3) contribuem com apenas 19 %. Para a obtenção de um bom projeto rodoviário, deve-se dar ênfase especial aos indicadores que ocupam a posição A na Curva ABC, que são: a Porcentagem de declividades anômalas e Interferências por quilômetro.

Figura 16: Curva ABC dos pesos acumulados dos Indicadores de Desempenho.



Descrição da Figura 16: gráfico com a Curva ABC mostrando o % acumulado somado a cada um dos 9 indicadores de desempenho adotados. — Fonte: os autores.

A pesquisa realizada mediante o uso combinado do método AHP e da técnica do Painel de Especialistas permitiu, portanto, fornecer à avaliação do projeto rodoviário, desenvolvido na disciplina por meio do Projeto Ponto de Partida, o uso de Indicadores de Desempenho ponderados objetivamente para compor a NPT. Os indicadores, classificados nas dimensões Sequencial e Espacial-Contextual, foram nomeados, codificados e descritos, e suas equações e unidades foram representadas.

Dentre as principais contribuições desta pesquisa, pode-se citar:

- a concepção de Indicadores de Desempenho para avaliar projetos rodoviários;
- os pesos identificados para os Indicadores de Desempenho;
- a análise de relevância da área de Estudo de Traçado sobre o Projeto Geométrico e o Projeto de Terraplenagem, indicando a supremacia da dimensão sequencial Prévia sobre a Decorrente e Subsequente;
- a relevância dos indicadores *ET2* – Porcentagem de declividades anômalas e *ET3* – Interferências por quilômetro na Curva ABC;
- a representatividade da dimensão Espacial-Contextual nos três indicadores mais importantes (*ET2* – altimétrico, *ET3* – seção transversal/contextual e *PG1* – planimétrico);
- a homogeneidade dos pesos entre os diferentes grupos, identificando percepções bastante próximas.

É importante ressaltar que boa parte das disciplinas de Rodovias das universidades brasileiras não vem desenvolvendo atividades massivas de projeto com a inclusão da etapa de Estudo de Traçado. Como observado ao longo de todo este capítulo, é nesta etapa que as definições têm o potencial de produzir os maiores benefícios ou os mais comprometedores prejuízos a um projeto rodoviário. O Projeto Ponto de Partida disponibiliza aos alunos de graduação em rodovias um cenário lúdico-real-didático que permite seu desenvolvimento mais abrangente. Com os Indicadores de Desempenho pretende-se disponibilizar uma ferramenta de avaliação de projetos rodoviários objetiva, simples, eficiente e didática.

2.2.4 Metodologia de avaliação das edições do Projeto Ponto de Partida

A proposta de um projeto com abordagem lúdico-real-didática requer uma metodologia de análise e avaliação. No Projeto Ponto de Partida são utilizados dois métodos de avaliação: (i) grupos focais para a avaliação dos professores, pesquisadores e profissionais que atuam na área e (ii) pesquisa de satisfação aplicada sobre os alunos participantes.

Grupos Focais

Grupo focal é um método de pesquisa qualitativa, que se baseia em grupos de discussão que dialogam sobre um tópico específico, com o objetivo de obter informações detalhadas sobre ele. Morgan (1997) define grupos focais como uma técnica de pesquisa qualitativa, derivada das entrevistas grupais, que coleta informações por meio de interações grupais. Segundo Krueger (2014), os grupos focais são formados por grupos pequenos de pessoas, com características comuns e com o objetivo de fornecer informações de forma a produzir o entendimento de um tópico de interesse. O envolvimento das pessoas no grupo focal produz uma maior riqueza de informações qualitativas, se comparado a entrevistas individuais.

No Projeto, existem dois momentos distintos em que a técnica de grupo focal é empregada. Como foi visto no item Etapas do Projeto, os grupos focais são fundamentais na concepção do cenário da atividade lúdica proposta (fase Planejar) e, ao término, na análise das atividades

desenvolvidas (fase Agir). As análises decorrentes das observações registradas pelo último grupo focal funcionam como base de referência para edições futuras do projeto.

Pesquisa de Satisfação

A avaliação do Projeto Ponto de Partida pelos alunos ocorre por meio de uma pesquisa de satisfação ao término das atividades. A construção do formulário utilizou um conjunto de modelos empregados na avaliação de jogos educacionais, apresentados a seguir.

- **Avaliação de treinamentos pelo modelo de Kirkpatrick:** Kirkpatrick (1994) sugere um modelo para avaliar a efetividade de programas de treinamento conhecido como “os quatro níveis”: (i) reação — o que os participantes pensam e sentem sobre a formação; (ii) aprendizagem — os conhecimentos e competências que os participantes adquiriram graças à formação; (iii) comportamento — conhecimentos e competências efetivamente retidos e aplicados; e (iv) resultados — melhorias no desempenho resultantes do uso regular dos novos conhecimentos e competências. Os quatro níveis seguem uma sequência de avaliação, em que a reação é fundamentalmente o primeiro nível a ser avaliado, visto que, mesmo se a reação dos participantes for positiva e satisfatória, não se pode garantir o aprendizado; no entanto, se a reação dos participantes for negativa e insatisfatória, a possibilidade de aprendizado é reduzida, pois provavelmente não estarão motivados a aprender. O Projeto Ponto de Partida pretende avaliar este nível por meio de um questionário de satisfação (Kirkpatrick, 2007) aplicado aos alunos, avaliando sua motivação, experiência e conhecimento adquirido por meio dos modelos descritos a seguir.

● **Avaliação da motivação pelo modelo ARCS:** o modelo ARCS, proposto por Keller (2009), considera a motivação como elemento fundamental no processo de ensino-aprendizagem. O acrônimo ARCS resulta dos termos em inglês das categorias consideradas relevantes no processo de motivação: (i) atenção, (ii) relevância, (iii) confiança e (iv) satisfação. Para Keller, despertar a atenção dos estudantes não é difícil, mas sustentá-la é um desafio. Mostrar relevância do que será ensinado é fator determinante e transmite a importância do que será aprendido, fazendo com que a atenção que havia sido cativada anteriormente seja reestabelecida. O aluno deve correlacionar o conhecimento construído aos seus objetivos pessoais e, se a aprendizagem for estimulante, ele estará motivado a aprender. A confiança, na teoria de Keller, ajuda os alunos perceberem e sentirem que obterão sucesso com a aprendizagem e poderão construir este sucesso (Keller, 1983). O *Instructional Materials Motivational Scale* (IMMS) é um questionário desenvolvido por Keller (2009), aplicado aos participantes após a utilização do material educacional que se deseja avaliar. O Projeto Ponto de Partida incorpora tal questionário em sua pesquisa de avaliação.

● **Avaliação da experiência do usuário pelo modelo UX:** a experiência do usuário (*User eXperience* – UX) avalia a percepção de pessoas sobre a utilização de um produto, sistema ou serviço (Takatalo *et al.*, 2010). Na área de jogos educacionais, a maioria dos modelos de UX utilizam como critérios de avaliação os conceitos: (i) imersão, (ii) desafio, (iii) habilidade, (iv) competência, (v) interação social e (vi) divertimento. Tais critérios são utilizados na Pesquisa de Satisfação do Projeto.

- **Avaliação do conhecimento adquirido segundo a taxonomia de Bloom:** a taxonomia de Bloom classifica metas e objetivos ligados ao desenvolvimento educacional em três domínios: (i) cognitivo, (ii) afetivo e (iii) psicomotor (Bloom, 1996). O domínio mais conhecido e difundido atualmente é o cognitivo. Ele contempla atitudes, competências e processos de aquisição de conhecimento, a fim de facilitar o planejamento do ensino e da aprendizagem. O conhecimento pode ser descrito em seis categorias distintas: (i) conhecimento, (ii) compreensão, (iii) aplicação, (iv) análise, (v) síntese e (vi) avaliação. Essa estrutura é aplicada para planejar e avaliar a efetividade da aprendizagem. No modelo proposto na presente pesquisa, são considerados apenas os três primeiros níveis.

O Quadro 8 apresenta síntese das questões do formulário de pesquisa de satisfação do Projeto, conforme modelo ARCS, UX e Bloom. Tais questões utilizam para resposta uma escala Likert de 7 pontos. Foram inseridas questões de identificação e considerações finais.

Quadro 8: síntese das questões para avaliação do Projeto Ponto de Partida.

IDENTIFICAÇÃO

Qual sua Instituição de Ensino?

Em qual ano e semestre você realizou o trabalho?

De qual equipe você faz parte?

MOTIVAÇÃO

Atenção

Houve algo interessante, no início do trabalho, que capturou minha atenção.

O modo de apresentação do trabalho é atraente.

Relevância

Ficou claro para mim como o conteúdo do trabalho está relacionado com coisas que eu já sabia.

Eu gostei tanto do trabalho que gostaria de aprender mais sobre o assunto abordado por ele.

O conteúdo do trabalho é relevante para meus interesses.

Eu poderia relacionar o conteúdo do trabalho com coisas que já vi, fiz ou pensei.

O conteúdo do trabalho será útil para mim.

Confiança

O trabalho foi mais difícil de entender do que eu gostaria.

O trabalho tinha tanta informação que foi difícil identificar e lembrar-me dos pontos importantes.

O conteúdo do trabalho é tão abstrato que foi difícil manter a atenção nele.

As atividades do trabalho foram muito difíceis.

Eu não consegui entender uma boa parcela do material do trabalho.

Satisfação

Completar as etapas do trabalho deu-me um sentimento de realização.

Eu aprendi algumas coisas com o trabalho que foram surpreendentes ou inesperadas.

O suporte dado pelos facilitadores (monitores e professor) propiciou a satisfação pelo esforço empregado.

Eu me senti bem ao completar o trabalho.

EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO

Imersão

Eu não percebi o tempo passar enquanto realizava o trabalho.

Enquanto realizava o trabalho, minha atenção era exclusiva a ele.

Tive uma imersão no trabalho que me afastou de outras atividades do dia a dia.

Esforcei-me para ter bons resultados no trabalho.

Houve momentos em que eu queria desistir do trabalho.

Senti-me estimulado a aprender com o trabalho.

Desafio

Eu gostei do trabalho e não me senti ansioso ou entediado.

O trabalho manteve-me motivado a continuar realizando-o.

Minhas habilidades melhoraram, gradualmente, com a superação dos desafios apresentados.

Este trabalho é adequadamente desafiador para mim; as tarefas não são muito fáceis, nem muito difíceis.

O trabalho oferece novos desafios num ritmo apropriado.

Habilidade/Competência

Senti-me bem-sucedido.

Alcancei rapidamente os objetivos de cada tarefa.

Senti-me competente.

Senti que estava tendo progresso durante o desenrolar do trabalho.

Interação Social

Senti que estava colaborando com outros colegas.

A colaboração no trabalho ajuda na aprendizagem.

O trabalho suporta a interação social entre os componentes do grupo.

Divertimento

Quando estou realizando o trabalho, gosto de permanecer por bastante tempo em função dele.

Ao término do trabalho, tive uma sensação de vazio.

Se eu tivesse a oportunidade (tempo e recursos), me motivaria a realizar o trabalho novamente.

Algumas coisas do trabalho me irritaram.

Divertimento (cont.)

Fiquei torcendo para o trabalho acabar logo.

O trabalho não me envolveu plenamente.

CONHECIMENTO

Depois do trabalho, consigo lembrar-me de mais informações relacionadas aos conteúdos didáticos apresentados.

Depois do trabalho, consigo compreender melhor os conteúdos didáticos apresentados.

Depois do trabalho, sinto que consigo aplicar melhor os conteúdos didáticos relacionados a ele.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em uma análise geral, você considera válida a aplicação de um trabalho como este em uma disciplina de graduação?

Colabore apresentando pontos negativos que você identificou no trabalho.

Colabore apresentando pontos positivos que você identificou no trabalho.

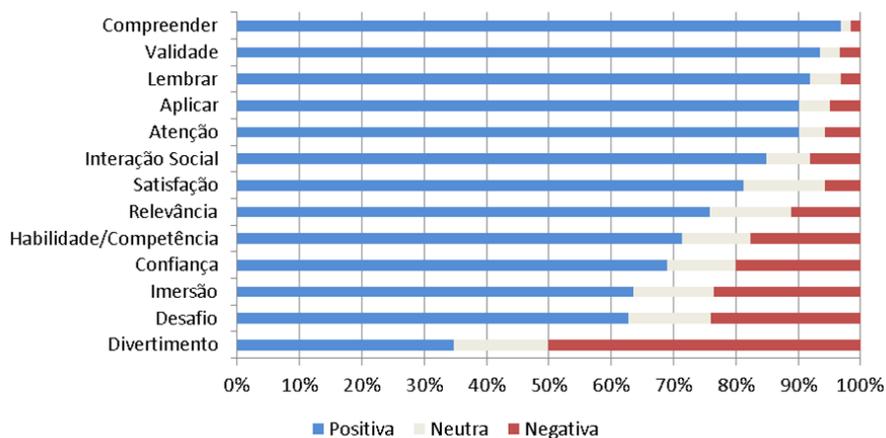
Fonte: autores.

Os resultados analisados a seguir referem-se à 2ª Edição do Projeto Ponto de Partida, realizada na Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. A avaliação dos alunos foi obtida a partir da aplicação da Pesquisa de Satisfação, através de formulário produzido na ferramenta Formulários Google, do Google Drive. Foram convidados a participar os membros das 21 equipes, totalizando 84 alunos. Destes, 60 alunos responderam o questionário (71,43 % do total de alunos) e 50 deles (59,52 %) deram contribuições sobre aspectos positivos e negativos do Projeto, por escrito.

Na Figura 17, apresenta-se um resumo dos resultados obtidos para cada critério da edição 2017/2. O critério Compreender merece destaque por sua alta avaliação positiva (96,8 % de aprovação). Outro critério que também merece destaque é o que se refere à validade da proposta.

Mesmo obtendo avaliação negativa no quesito Divertimento, os alunos consideram a abordagem lúdico-real-didática com avaliação positiva de 93,4 %, validando o Projeto Ponto de Partida.

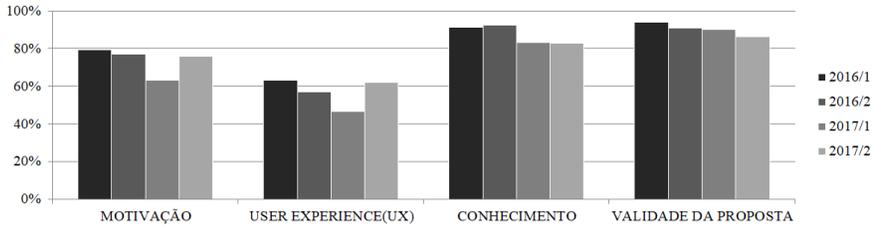
Figura 17: critérios agrupados por avaliação.



Descrição da Figura 17: gráfico de barras mostrando o percentual de avaliações positivas, neutras e negativas de 13 critérios avaliados. — Fonte: os autores.

A Figura 18 reúne a percentagem de avaliações positivas, dada pelos alunos, para os construtos (i) Motivação, (ii) *User Experience*, (III) Conhecimento, e (iv) Validade da Proposta, das quatro edições do projeto já realizadas.

Figura 18: avaliação de atividades das edições semestrais do Projeto Ponto de Partida.



Descrição da Figura 18: gráfico de colunas com a síntese da avaliação positiva de 4 construtos avaliados ao longo de 4 semestres consecutivos. — Fonte: os autores.

Além das questões a serem respondidas com o uso da escala Likert, propôs-se aos alunos a contribuição, por escrito, com a indicação de aspectos considerados negativos e positivos no Projeto. O Quadro 9 reúne alguns fragmentos escritos pelos alunos que merecem destaque.

Quadro 9: fragmentos de frases de alunos registradas no questionário da Pesquisa de Satisfação.

NEGATIVAS	POSITIVAS
Longa duração do mesmo.	Grande aprendizado na área de projetos.
Muito conteúdo para estudar.	Aprendi muito com o trabalho, tanto com relação à disciplina, quanto com relação às plataformas/aos programas utilizados.
Algumas partes do trabalho não estão totalmente explicadas nos guias.	O trabalho me fez sentir como um engenheiro.
Trabalho tomava muito tempo, entre casa e monitoria. Assim, prejudicando outras cadeiras.	Envolve muito o aluno, que se torna obrigado a entender como funciona o projeto e o desenvolvimento de uma rodovia.
Não ficou claro em aula como seriam realizadas algumas atividades do trabalho, o que me incomodou um pouco, visto que o volume de atividades foi bem grande.	Acredito ter sido muito importante a experiência de projetar uma rodovia em um local real, com normas reais.

Fonte: os autores.

As primeiras edições do Projeto Ponto de Partida demonstraram ser esta uma iniciativa didática com notável potencial metodológico para as disciplinas de rodovias de instituições de ensino superior brasileiras. O Projeto apresenta uma formatação com etapas bem definidas e sequenciadas, ainda assim, passíveis de adequações conforme requisitos específicos. Percebe-se a característica de **replicabilidade** do Projeto, sendo possível o atendimento do objetivo maior, que é o de oferecer às disciplinas de graduação de rodovias de universidades brasileiras uma atividade de projeto **lúdico-real-didática**, com **viabilidade de implantação** e com **modelo de avaliação definido**.

O Projeto Ponto de Partida, além da aquisição de conhecimentos e competências técnicas, contribui para o desenvolvimento de atributos considerados relevantes para o profissional de engenharia pelo mercado de trabalho. A atividade lúdico-real-didática exige dos alunos as atitudes definidas por Nguyen (1998), em especial o **Comprometimento**, a **Confiabilidade** e a **Integridade**.

Na Pesquisa de Satisfação realizada com os alunos pode-se verificar a importância concedida por estes a tal iniciativa. A elevada pontuação recebida nos critérios Lembrar, Compreender e Aplicar indica que a atividade foi reconhecidamente **relevante** pelos alunos como uma atividade de disseminação de conhecimento. A proposta didática do Projeto também obteve uma expressiva aprovação (**Validade**), indicando a satisfação dos alunos com o método empregado. Por todos esses motivos, acredita-se que o Projeto Ponto de Partida esteja contribuindo significativamente na formação de futuros engenheiros.

2.2.5 Produção científica consolidada

Todo e qualquer projeto de pesquisa deve apresentar como uma das métricas de avaliação a sua produção científica. Nesse sentido, o Projeto Ponto de Partida, desde seu início, vem produzindo artigos científicos direcionados à Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes (ANPET). A saber:

- GARCÍA, Daniel Sergio Presta; NODARI, Christine Tessele; ALBANO, Joao Fortini; WANDSCHEER, Marcelo André; SANTOS, Fernando Fraga de Freitas dos; ANDRIOLA, César Luís; DEMORE, Cristhiane Paludo. Projeto Ponto de Partida: o ensino de projeto de rodovias através de uma abordagem lúdico-real-didática. In: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes da ANPET, 30, 2016, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos**. Rio de Janeiro: ANPET, 2016.
- GARCÍA, Daniel Sergio Presta; RUIZ PADILLO, Alejandro; DIRADO, Gustavo Rubén; ANDRIOLA, César Luís; DEMORE, Cristhiane Paludo; LANES, Tiago Kirsch. Projeto Ponto de Partida: uso de indicadores de desempenho para o método de avaliação da “nota de proposta técnica” de projetos de rodovias. In: Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte da ANPET, 31, 2017, Recife. **Anais eletrônicos**. Rio de Janeiro: ANPET, 2017.

No XXX ANPET, o artigo encaminhado, além de ser aprovado para apresentação oral e publicado em anais, foi premiado (Figura 19), tendo recebido como parecer:

... a exploração de alternativas desse tipo é estratégica para atrair o interesse de alunos dos cursos de engenharia civil na área de transportes.

Figura 19: premiação do Projeto Ponto de Partida no XXX ANPET.



Descrição da Figura 19: fotos da entrega dos certificados do Prêmio ANPET aos autores do artigo sobre o PPP. – Fonte: os autores.

Tal distinção fez com que o trabalho fosse selecionado para fazer parte da Revista Transportes (Qualis B1 na classificação de periódicos CAPES para o quadriênio 2013-2016 em Engenharias I), conforme referência abaixo:

- GARCÍA, Daniel Sergio Presta; NODARI, Christine Tessele; ALBANO, Joao Fortini; WANDSCHEER, Marcelo André; SANTOS, Fernando Fraga de Freitas dos; ANDRIOLA, César Luís; DEMORE, Cristhiane Paludo; LANES, Tiago Kirsch. Projeto ponto de partida: o ensino de projetos de rodovias através de uma abordagem lúdico-real-didática. **Transportes**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 3, p. 153-165, 2017.

Em palestra realizada no XXXI ANPET, a Agência Nacional de Transportes Terrestres apresentou relatório referente aos Recursos para Desenvolvimento Tecnológico (Figura 20).

Os Recursos para Desenvolvimento Tecnológico (RDT) são verbas anuais que estão previstas nos contratos de concessão de rodovias federais destinadas à aplicação em projetos e pesquisas na área de engenharia rodoviária, para promover a modernização da infraestrutura, o desenvolvimento e o aprimoramento das concessões de rodovias federais.

Na ocasião, dois programas desenvolvidos na Universidade Federal do Rio Grande do Sul mereceram destaque:

- **PETER:** Programa Especial de Treinamento em Engenharia Rodoviária, coordenado pelo professor Lélío Brito do Laboratório de Pavimentação – LAPAV.
- **Projeto Ponto de Partida:** coordenado pelos professores Daniel Sergio Presta García e Christine Tessele Nodari do Laboratório de Sistemas de Transportes – LASTRAN.

Figura 20: palestra da ANTT sobre Recursos para Desenvolvimento Tecnológico (XXXI ANPET)



Descrição da Figura 20: foto da equipe do PPP e representante da ANTT. — Fonte: os autores.

2.3 ATIVIDADES

O Projeto Ponto de Partida desenvolve-se ao longo de um semestre e é dividido em 12 atividades distintas. As atividades são descritas a seguir.

2.3.1 Atividade 1 – Download e Instalação

O SAEPRO é o *software* utilizado no Projeto Ponto de Partida para projetar a rodovia na região proposta. Primeiramente, serão apresentadas as instruções para o *download* e para a instalação do referido *software*. É importante salientar que, caso uma versão anterior do SAEPRO já esteja instalada, será necessário removê-la antes que se possa instalar a versão mais atual. O computador no qual se deseja fazer a instalação deve ter sistema operacional *Windows* e 64 bits.

O *setup* de instalação do programa é disponibilizado para *download* no *link* fornecido pelo professor responsável pelo Projeto Ponto de Partida. Finalizado o *download*, deve-se abrir o arquivo para iniciar a instalação. O *Windows* pode alertar que não é uma instalação segura; caso isso aconteça, escolha a opção “executar assim mesmo”. Após executar o arquivo, selecione “Aceito os termos de contrato e licença” para iniciar a instalação, o que pode demorar alguns segundos. Conclua e inicie o programa.

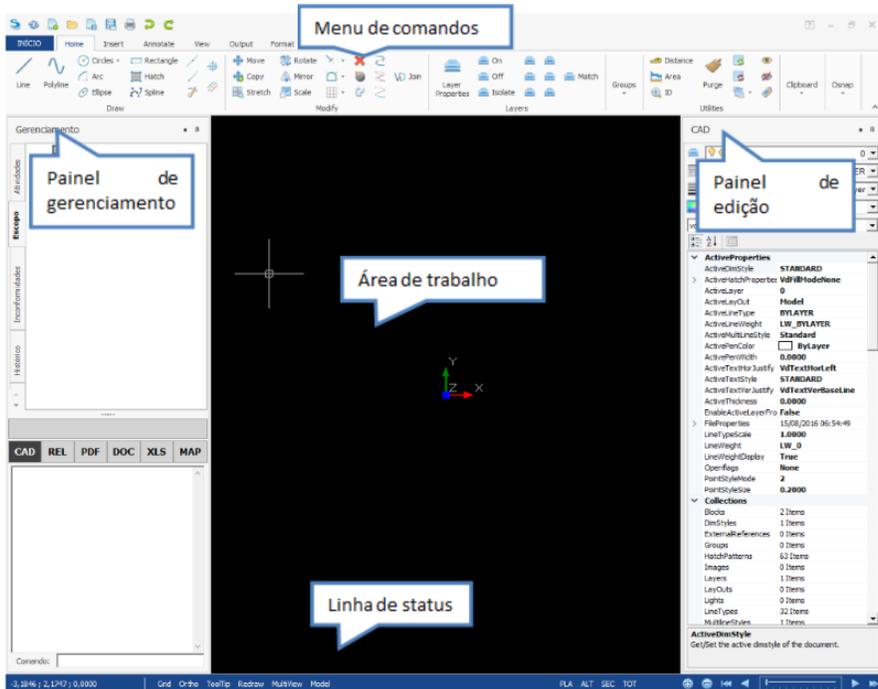
Na primeira vez que o programa for iniciado, o sistema pede para que o usuário proceda a ativação através do *log-in*. Insira o *log-in* e senha fornecidos pelo professor no programa e faça a ativação. Para tanto, o sistema precisa estar conectado à internet. Se tudo ocorrer correta-

mente, uma mensagem de sucesso aparecerá na tela, e o programa será reiniciado. É interessante verificar, ao iniciar o SAEPRO, se o número da versão mostrado na tela de *log-in* confere com a versão baixada.

2.3.2 Atividade 2 – Exploração da Interface

A configuração inicial do programa apresenta-se como a de uma ferramenta CAD, com uma área de trabalho ao centro, um menu de comandos no topo, uma linha de status na parte inferior e dois painéis, um de gerenciamento e outro de edição, nas laterais (Figura 21).

Figura 21: tela inicial SAEPRO.



Descrição da Figura 21: print da tela inicial do SAEPRO destacando as principais funcionalidades do programa. — Fonte: os autores.

Uma vez aberto o programa, é possível observar a área de trabalho em destaque ao centro. Esta será usada para construir e visualizar o projeto. À esquerda, localiza-se o painel de gerenciamento. Esse painel é usado para organizar e administrar o projeto, e a partir dele pode-se alterar as ferramentas a serem usadas, além de selecionar o tipo de estudo ou fase em que se deseja trabalhar. Ao longo do andamento do projeto serão muito utilizadas as abas de “Escopo”, onde é possível selecionar os eixos e superfícies que se deseja editar, “Atividades”, onde localizam-se todos os tipos de estudos e fases de projeto, e “Inconformidades”, onde é observada a verificação de parâmetros com relação às normas.

O menu de comandos do tipo *ribbon* está posicionado na parte superior do sistema. O menu é composto por abas, agrupamentos de comandos e comandos. O SAEPRO apresenta menus distintos conforme a atividade ou ferramenta em uso, selecionadas no painel de gerenciamento. Na Figura 48 é possível observar os agrupamentos de comandos e comandos da aba “Home” da ferramenta CAD.

Ao pé da tela, encontra-se a linha de status. Podem-se observar as coordenadas CAD, um menu de *zoom* e de navegação da área de trabalho. Essa linha também pode ser alterada conforme a função selecionada no painel de gerenciamento. Se for escolhida a ferramenta de edição de planilhas (XLS), ela passa a mostrar informações da planilha.

À direita, localiza-se o painel de edição, onde encontram-se as propriedades e os parâmetros de projeto, e onde pode-se visualizar e editar essas informações.

No canto superior esquerdo observa-se o botão “Início”. Clicando nele, abre-se uma nova janela, com as opções “Salvar obra” (no formato VDCL do SAEPRO), “Salvar como”, “Abrir obra” (usado para carregar um arquivo VDCL) e “Nova obra” (usado para abrir o programa do início). Para exportar e importar arquivos, o SAEPRO tem a opção de salvar separadamente partes importantes do projeto, como o PLC, que constitui apenas a planimetria.

2.3.3 Atividade 3 – Reconhecimento

A primeira fase do projeto é a de reconhecimento. Esta tem como objetivo a identificação da região mediante observação das conformações do relevo, hidrografia, ocupação do solo etc. Para tanto, será avaliado o modo como obter dados da altimetria e as imagens de satélites já referenciadas em coordenadas UTM, que serão indispensáveis para os estudos a seguir.

O primeiro passo é criar um eixo e uma superfície. Para criar um eixo, inicialmente, deve-se selecionar a aba Escopo no painel de gerenciamento. Em seguida, deve-se selecionar com o cursor a opção “Eixos”. A tecla *Insert* do teclado irá criar um novo Grupo de Eixos. Também é possível criar um novo grupo com o botão direito do mouse, abrindo um menu do tipo *pop-up* e selecionando “Novo Grupo de Eixos”. Posicionando-se sobre o novo grupo recém-criado e pressionando novamente a tecla *Insert*, cria-se um novo eixo. Para isso também pode ser usado o

botão direito do mouse. Posicionando-se sobre a opção “Superfícies” e repetindo os passos executados para “Eixos”, cria-se também um grupo de superfícies e, em seguida, uma nova superfície.

O eixo é a entidade que guarda as informações do alinhamento da rodovia, servindo de base para o projeto. Já a superfície armazena informações relacionadas ao terreno onde projeta-se a rodovia.

A seguir, é preciso ajustar alguns parâmetros para que seja possível dar início ao projeto. No painel de gerenciamento, seleciona-se a aba “Atividades”, em seguida “Projeto”, e posteriormente “Geométrico”. No menu de comandos, seleciona-se a aba “Parâmetros”, e no painel de edição, a aba “Eixo”. O item A6 – Georreferenciado deve estar ativado, e os itens A6a e A6b devem referir-se a hemisfério sul e zona (UTM) 22, respectivamente. O item B5 deve estar configurado como estaca.

Clicando no botão “MAP”, no painel de gerenciamento, pode-se encontrar a região em que o projeto deve ser desenvolvido. Salienta-se que é necessário acesso à internet para que esse recurso funcione. Utiliza-se o comando “Ponto/Texto” para selecionar quatro pontos, formando um retângulo ao redor da área que será estudada. Para exportar esses pontos para o CAD, usa-se a função “MAP->CAD”. Clicando no botão “CAD” no painel de gerenciamento e, a seguir, na linha de status no botão “TOT”, é possível visualizar os quatro pontos trazidos do mapa. Acessando pela aba “Atividades” do painel de gerenciamento a função “Estudos Topográficos”, é possível usar o comando “Capturar imagem”, localizado no menu de comandos. Na barra de comando na linha de sta-

tus, é possível ver quais parâmetros o comando exige. Deve-se selecionar “satélite” e, em seguida, definir o retângulo que corresponde à área da qual se deseja capturar a imagem.

A última imagem inserida fica sempre por baixo das anteriores. Utilizando o comando *Send To Back*, na ferramenta CAD, a ordem das imagens pode ser alterada. No encontro entre duas imagens existem pequenas imperfeições de ajuste do geoide. Para apagar imagens, utiliza-se o comando *Erase* e, em seguida, o comando *Purge*, que é possível acessar digitando-o na barra de comando. Na caixa de diálogo que será aberta, seleciona-se somente “imagens” e em seguida o botão *Purge*. Conforme o tamanho do retângulo, a imagem será gerada em um determinado *zoom* (de 1 a 19, quanto menor esse valor, maior a resolução). É possível ver qual é o *zoom* de uma imagem posicionando o mouse em cima dela. É importante lembrar que imagens de alta qualidade aumentam o peso do arquivo e dificultam o processamento. Nesta etapa deve-se gerar tantas imagens quanto acredita-se ser necessário para o desenvolvimento do projeto.

Após obter todas as imagens de satélite e criar o eixo e a superfície, renomeia-se o eixo para “Diretriz”. Em seguida, deve-se acessar “Projeto Geométrico” através da aba “Atividades”. No menu de comandos, selecionando a aba “Planimetria”, clica-se no botão “Criar Novo Alinhamento”. Identificando o ponto de partida da rodovia, dá-se um clique neste local para inserir o ponto no eixo, e faz-se o mesmo com o ponto final. Depois de ter inserido os dois pontos, pode-se usar a tecla *Esc* do teclado para sair do comando, ou dar um clique com o botão direito do mouse. Isso funciona para todos os comandos do programa.

Com a diretriz desenhada, é possível utilizar um método alternativo para gerar imagens de satélite, o comando “Mosaico de imagens”. Ele pode ser localizado na atividade de Projeto Geométrico, na aba “Planimetria” do menu de comandos. Após clicar no botão, é necessário selecionar “satélite” na barra de comandos e, a seguir, o valor do zoom desejado. Através desse método, as imagens cobrem uma faixa muito próxima ao alinhamento, podendo não ser suficientes para o estudo. Se for o caso, é possível complementar o mosaico com imagens geradas usando o comando “Captura de imagens” nas áreas necessárias.

Para o estudo do relevo da região, deve-se construir um mapa de calor, onde podem ser observadas as curvas de nível. Na atividade “Estudos topográficos”, seleciona-se “Capturar Pontos Bing”. O retângulo deve ser definido dentro da região de estudo, e a distância entre os pontos capturados deve ser de 90 m. Após o carregamento, podem-se observar os pontos criados no painel de edição, na aba “Pontos”.

A seguir, devem-se desenhar as elevações. No painel de edição da atividade “Estudos Topográficos”, na aba “Parâmetros”, devem ser desmarcados os itens A1 – Desenhar PTS, D4 – Desenhar MIT e E5 – Desenhar CNVs simples. Deve ser marcado o item C1 – Desenhar as elevações. Feito isso, no menu de comandos, clica-se no botão “Criar superfície” e, em seguida, no botão “Desenhar superfície”.

Depois de criada a superfície, é possível observar o mapa de calor. As cores mais frias representam cotas mais baixas, e as cores mais quentes as mais altas. Com a visualização das elevações, torna-se possível redesenhar a diretriz, levando em consideração a adequação da rodovia ao terreno. Posicionando o mouse sobre a área de trabalho, contata-se

a cota daquele ponto. Ainda na aba “Parâmetros” do painel de edição, no item D8 – RMD Característica, é possível observar o valor a partir do qual caracteriza-se o terreno como plano, ondulado ou montanhoso. Essa classificação serve para identificar a norma que deve ser atendida em cada caso. Com o auxílio do termo de referência do projeto, pode-se classificar o valor RMD obtido em um desses três tipos de relevo. Na ferramenta CAD, há a possibilidade de desligar *layers* para alterar as visualizações das superfícies.

A seguir, deve-se acrescentar na área de trabalho a representação da hidrografia da região, que deve ser levada em consideração no projeto da rodovia, e que frequentemente não pode ser facilmente identificada a partir das imagens de satélite. Essas informações serão, portanto, importadas de uma plataforma GIS, transformadas para um arquivo CAD e disponibilizadas pelo professor para *download*.

No SAEPRO, ativa-se o comando *Insert*, digitando-o na barra de comando. Seleciona-se a opção *From file*, e clica-se no botão *Browse*. Deve-se, em seguida, localizar o arquivo no computador, e, uma vez localizado, devem-se deixar todas as caixas desmarcadas (*Select all parameters on screen* e *Select on screen*). O arquivo é inserido como um bloco, então, se necessário, deve-se usar o comando *Explode* para apagar as partes que estão fora da região de estudo.

2.3.4 Atividade 4 – Estudos de traçado

Essa atividade consiste em dar início ao Estudo de Traçado, utilizando técnicas para gerar bons alinhamentos.

Como primeiro passo, deve-se criar um novo eixo com o nome de “Traçado 1”. Na aba “Planimetria” da atividade “Projeto Geométrico”, clica-se no botão “Criar novo alinhamento” e, com o comando selecionado, entra-se na ferramenta CAD para, no menu de comandos, ativar a opção *Osnap Endpoint*. Com essa opção ativada, é possível selecionar o ponto de início e de fim da diretriz criada anteriormente, de forma que o novo eixo tenha ponto de partida e de chegada coincidentes com os da diretriz. Para sair do comando, utiliza-se a tecla *Esc* do teclado. Utiliza-se o comando “Adicionar PI’s”, no menu de comandos, para adicionar pontos de inflexão ao longo do eixo da rodovia. O programa automaticamente cria um novo PI entre os PI’s mais próximos do mouse na posição do clique. O mesmo aplica-se para o botão “Remover PI’s”. Deve-se atentar para não serem criados pontos de inflexão com uma distância menor do que aproximadamente 300 m, porque isso pode acarretar uma dificuldade futura no momento da determinação dos raios em cada curva e das intertangententes.

Ainda com a aba “Planimetria” selecionada, pode-se observar no painel de edição a lista de PI’s ordenados pela posição ao longo do eixo. Neste painel, pode-se inserir um raio para a curva, assim como apagar PI’s. Se for identificado algum PI sem numeração, nomeado como “INS”, pode-se usar o comando “Renumerar PI’s”, localizado no menu de comandos, e inserir na barra de comandos o valor inicial da contagem, normalmente escolhido como 1. Para que a numeração seja atualizada no desenho também, deve-se utilizar o comando “Desenhar Planimetria”. No painel de edição dos parâmetros do Projeto Geométrico, na aba

“Desenho”, é possível alterar as propriedades e informações do alinhamento que aparecem na área de trabalho. Cada vez que algo for alterado, a planimetria deve ser redesenhada.

A qualidade do traçado influencia diretamente o Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental, através de três indicadores diferentes, que levam em conta várias características do traçado desenvolvido. O ponto-chave desse estudo é saber conciliar todos eles em um único traçado.

O primeiro indicador de Estudo de Traçado, o *ET1*, refere-se ao acréscimo sobre a diretriz. Esse indicador é a razão entre o comprimento do traçado e o comprimento da linha reta que une o ponto de partida e o ponto final. Quanto mais longa a extensão total do traçado, maior essa relação. É desejado o menor trajeto possível, logo, o objetivo é ter o menor valor para indicador.

O segundo indicador é o *ET2*, que se refere à porcentagem de declividades anômalas, ou seja, refere-se à altimetria do traçado. Devem ser evitadas grandes inclinações, encontrando o caminho mais suave a fim de obter o menor valor possível desse indicador. Nesse sentido, as curvas de nível são o melhor auxílio possível, pois elas mostram a continuidade do relevo, desenhando a região como “degraus” altimétricos. Quando o eixo da rodovia se mantém tão tangente às curvas de nível quanto possível, obtemos um bom desempenho no indicador *ET2*. Aproveitar-se de selas e evitar trechos em que as curvas de nível se encontrem muito próximas são boas práticas para um bom alinhamento.

É importante saber, embora seja um assunto posterior ao Estudo de Traçado, que, a fim de evitar elevadas altitudes, escolher passar por grandes extensões de planície irá gerar custos de aterro e drenagem. É uma circunstância óbvia em que a água fluvial precisa escoar de alguma forma para fora da faixa de rolamento e isso demanda o uso de bueiros em aterro.

Depois de terminada a planimetria, é necessário obter um perfil longitudinal do traçado. Isso dará a dimensão das inclinações do traçado e servirá para análises e comparativos. Para criá-lo, com o eixo selecionado, acessa-se a aba “Altimetria” da atividade de Projeto Geométrico. Clica-se no botão “Atualizar perfil” e, em seguida, seleciona-se o ponto na área de trabalho onde se deseja inserir o perfil. Caso o perfil se sobreponha à planimetria, deve-se utilizar o comando “Reposicionar quadro”.

O perfil segue o estaqueamento do traçado, criando uma polilinha de acordo com o valor da coordenada z relativo à altitude do terreno em cada ponto. Na escala do gráfico, a medida horizontal de cada quadrado equivale a 100 m, e a medida vertical equivale a 10 m. Na parte inferior do gráfico, observa-se em vermelho o estaqueamento, e em verde a cota do terreno. Na linha de status, pode-se alterar a visão entre a planimetria “PLA” e a altimetria “ALT” do eixo selecionado no escopo.

O indicador *ET3* refere-se a interferências por quilômetro. A interferência pode ser uma edificação, vegetação nativa, estrada, córrego ou corpo d’água que estará compreendido pela faixa de domínio da rodovia. A faixa de domínio, que é a área que será usada para a construção da rodovia, é de 20 m para cada lado do eixo. Interferir no ambiente é um

ponto negativo, já que resulta em custos de desapropriações, desmatamento e interferências no meio ambiente. Quanto menos interferências por quilômetro, melhor.

Através das imagens de satélite podem-se observar todas as edificações existentes, além de açudes, galinheiros, torres de transmissão, mata nativa etc. Cruzar cursos d'água, além de aumentar o ET3, gerará custos de drenagem no futuro. A distância mínima que se deve manter entre a faixa de domínio e as nascentes é de 30 m, ou seja, o eixo da rodovia deve passar a, no mínimo, 50 m de distância da nascente. Como forma de facilitar a visualização e evitar que essa distância não seja respeitada, uma boa prática é desenhar na ferramenta CAD uma circunferência de raio 50 m, cujo centro coincide com o início da polilinha de um córrego. Para fazer com que eles coincidam, liga-se o *Osnap Endpoint* após clicar no botão de circunferência.

Com os três indicadores em mente, pode-se proceder a realização do traçado que melhor atenda às exigências, mantendo os três indicadores bem equilibrados. O traçado obtido ao final desta atividade, embora possa ser alterado ao longo do projeto, irá definir o plano de voo para a exploração do terreno. Depois de concluída a exploração, será obrigatório manter o traçado final dentro da região compreendida no voo, o que restringe as alterações que poderão ser feitas. É possível alternar entre a visualização das elevações e a das imagens de satélite através do controle de ativação dos *layers*, na ferramenta CAD.

Para inserir mais de uma alternativa de traçado em uma única obra no SAEPRO, basta exportar um dos arquivos no formato PLC. Esse formato inclui somente as informações do eixo da rodovia, e pode ser aces-

sado no menu “Início”. A seguir, no arquivo em que se deseja congregiar os traçados, deve-se criar um novo eixo, com um nome que seja de fácil identificação. Com o eixo selecionado no escopo, deve-se importar o PLC exportado do outro arquivo, acessando o menu “Início”. Para que a planimetria apareça na área de trabalho, deve-se usar o comando “Desenhar planimetria”, na aba “Planimetria” na atividade de Projeto Geométrico.

2.3.5 Atividade 5 – Cálculo de Indicadores de Estudos de Traçado (ET1, ET2, ET3)

O objetivo desta atividade é obter cada um dos três indicadores já mencionados. As fórmulas para todos os indicadores podem ser observadas no arquivo de diretrizes do projeto.

É possível que o *ET1* seja obtido a partir de um relatório gerado no SAEPRO. Com o eixo selecionado no escopo, acessa-se o relatório “RCA”, na aba de parâmetros da atividade de Projeto Geométrico. O valor procurado encontra-se nos parâmetros planimétricos, onde se identificam as informações de distância em diretriz. O indicador é apresentado em porcentagem e seu sentido indica quanto menor melhor. O valor de 0 % é o menor possível, correspondente a um eixo com extensão igual à da diretriz, ou seja, ele é a própria diretriz. Não existe limite superior.

Para calcular o *ET2*, é preciso obter os dados altimétricos do terreno. Primeiramente, deve-se criar um greide, na aba “Altimetria” do Projeto Geométrico, a partir do botão “Criar novo greide”. Deve-se traçar uma linha reta que corresponda a toda a extensão do perfil lon-

gitudinal, ou seja, a extensão horizontal do greide deve ser de mesma dimensão que a extensão horizontal do terreno. Para isso, podem-se inserir pontos mais externos que a representação do terreno no desenho, pois o programa os direcionará para a mesma posição que os pontos inicial e final do perfil do terreno. Neste momento, não se deve ater à adequação do greide, pois ele serve apenas para que seja possível extrair as informações necessárias do SAEPRO. Deve-se, em seguida, gerar o relatório RCT, encontrado nos parâmetros do Projeto Geométrico. Neste relatório, encontram-se as cotas do terreno por estaca. Deve-se exportar o relatório para o Excel, através do botão *Export to* no menu de comandos. A seguir, é possível escolher o formato em que se deseja fazer o *download* do arquivo, XLS ou XLSX.

No Excel, é preciso manter apenas as duas primeiras colunas da planilha, correspondentes às estacas e às cotas do terreno, excluindo as demais. A seguir, deve-se selecionar toda a coluna do estaqueamento, clicar no comando “Localizar e Selecionar”, depois em “Substituir”. Na caixa de diálogo, deve-se solicitar a localização do símbolo “+”, e deixar o campo de substituição vazio. Clica-se em substituir tudo. Com a coluna selecionada, deve-se usar o botão direito para acessar o comando “Formatar células”. Na caixa de diálogo, seleciona-se “Personalizado”, e digita-se na caixa de “Tipo” o formato “0+000,000”.

A seguir, devem-se criar outras colunas ao lado das duas existentes. A primeira tem como cabeçalho “Distância”, a segunda “Delta Z”, e a terceira “Declive”. A coluna “Distância” será preenchida com a diferença entre a estaca da linha e a estaca da linha anterior. Dessa forma, a primeira linha permanece em branco, e preenche-se a partir da segunda,

digitando-se a fórmula. Dando um duplo clique no canto inferior direito da célula, estende-se a fórmula até o fim da coluna. A coluna “Delta Z” será preenchida com a diferença de cota (coluna “Terreno”), da mesma maneira que se fez na coluna distância, deixando a primeira linha em branco. Já na coluna “Declividade”, calcula-se a inclinação do perfil através da razão entre a diferença de cotas (coluna “Delta Z”) e a distância entre estacas (coluna “Distância”). A seguir, deve-se aplicar a porcentagem sobre esta coluna, no botão correspondente a essa função, e deixar a célula com duas casas decimais.

As declividades calculadas serão confrontadas com a declividade máxima de norma, encontrada na tabela do DNIT, em função da classe da rodovia e do relevo. O valor encontrado deve ser inserido em uma célula na planilha, e sobre ela deve ser aplicada a porcentagem. Ao lado da coluna declividade deve ser colocada outra coluna, que será preenchida com uma função lógica, ou seja, uma função “se”. Essa função deve retornar o valor da distância entre estacas, se o valor da declividade em módulo (para usar o valor em módulo pode-se usar a função “ABS”) for maior do que a declividade de norma; caso contrário, deve retornar o valor zero. Para que seja possível usar o duplo clique para estender a função até o fim da coluna, deve-se fixar a célula da declividade de norma, usando o botão “F4” do teclado.

Em uma nova célula, deve ser inserido o somatório de todos os valores da coluna da função lógica. O cálculo do indicador *ET2*, feito em uma célula limpa, será dado pela razão entre o somatório recém calculado e a extensão total da rodovia, encontrado no mesmo relatório usado para obter as informações de cotas, nas informações do segmento.

Já para o cálculo do terceiro indicador, *ET3*, deve-se criar uma pequena tabela em que será registrada a quantidade, em unidades, de cada uma das interferências a seguir: corpos d'água, estradas existentes, edificações, mata nativa e rede elétrica. Deve-se proceder para a identificação de interferências no projeto, atentando-se ao fato de que a distância mínima entre o eixo da rodovia e uma interferência, para que ela não seja considerada no indicador, é de 20 m, que corresponde à largura da faixa de domínio. No caso de mata nativa, o critério para contabilizar uma unidade de interferência é o de que a extensão do trecho do eixo que passa por uma região de mata nativa seja de até 100 m. Dessa forma, para o caso de um trecho de 240 m, contabilizam-se três unidades. Árvores isoladas não são consideradas mata nativa, assim como acessos não são classificados como estradas.

Para calcular o indicador, somam-se todas as unidades de interferências de todos os tipos e divide-se pela extensão total da rodovia em quilômetros.

2.3.6 Atividade 6 – Levantamento Aéreo

O levantamento aéreo é feito em consórcio. Se o consórcio é formado por empresas que projetaram alternativas para a mesma rodovia, deve-se ater para o fato de que o levantamento aéreo deve compreender todos os projetos. Já se o consórcio é formado por empresas que projetaram trechos complementares de uma única rodovia, deve-se ater para a coordenada do ponto de união dos dois trechos, e para o azimute do alinhamento em cada um dos trechos.

Assim, define-se uma coordenada de encontro dos lotes em sequência. Com o ponto escolhido, usa-se o comando “Point” para marcá-lo e, a partir dele, traça-se uma reta maior que 300 m na direção desejada. Usando o comando *Extend*, estende-se essa reta para o outro lado do ponto de união. Usando a ferramenta *Osnap* para marcar o ponto, deslocam-se os PF’s de cada um dos trechos para o ponto de união. Para que o ponto não seja uma curva, deve-se transformá-lo em intertangente, criando um novo PI que coincida com o final da linha desenhada (usando o *Osnap End Point*), ou apenas movendo o último PI para essa posição. Pode ser necessário readequar os trechos conectados. Depois de feito isso, pode-se apagar a linha de auxílio e o ponto utilizados para fazer a união.

Com esse processo feito, lança-se o plano de voo. O plano consiste em uma trajetória que o avião deverá seguir, acima da região, iniciando no ponto de partida e terminando no ponto final. O custo do voo é dado pela soma dos preços de decolagem, do equivalente para a extensão do trecho e do custo relativo a cada deflexão feita na trajetória do voo. Ou seja, para obter-se o voo de menor custo possível, é preciso atentar-se para a extensão deste e para a quantidade de deflexões que este faz. O custo total do voo é dividido entre as empresas que formam o consórcio, da forma que for acordada. Os consórcios têm a liberdade de fazer quantos planos de voo acharem necessário, ou ainda, estendê-los, fazendo com que o avião percorra o trecho em ida e volta.

Usando o comando *Line* da ferramenta CAD, desenha-se a trajetória que o avião deverá percorrer. A seguir, cria-se a faixa do plano de voo, usando o comando *Offset* da ferramenta CAD, duplicando a linha de trajetória a uma distância de 250 m da original, para os dois lados da linha.

Assim, tem-se uma faixa de exploração de 500 m de largura. Para fechar o polígono, usa-se o comando *Circle 2 points* e, com ajuda do *Osnap End Point*, ligam-se as pontas das linhas. Usando o comando *Trim*, é possível excluir a parte do círculo que não é usada para fechar o polígono. Por fim, usa-se o comando *Join* para unir todos os segmentos de linha em uma única polilinha.

2.3.7 Atividade 7 – Exploração

Depois de elaborado o plano de voo, a etapa seguinte é gerar os arquivos de exploração, em uma simulação do que seria o levantamento aéreo realizado pelo consórcio. Esses arquivos consistem em informações com um alto grau de precisão acerca da região que foi explorada.

Neste momento, as empresas do consórcio passam a trabalhar independentemente. Caso os consórcios estejam desenvolvendo alternativas para o mesmo trecho, deve-se separar os arquivos de planimetria. Basta que cada empresa, de posse do arquivo que congrega os diferentes traçados e a faixa de exploração, exclua os eixos das outras empresas, mantendo apenas o seu. Caso as empresas se dediquem a trechos complementares da mesma rodovia, cada empresa deve proceder a separação da faixa de exploração e manter na obra apenas o trecho da faixa correspondente ao seu traçado. Com os *layers* de imagens e superfície desligados, e o *layer* correspondente às linhas de trajetória ligado, ativa-se a ferramenta *Osnap End Point* e Perpendicular. Com o comando *Line*, traça-se uma linha com início no ponto de encontro entre os dois lotes e fim em uma das extremidades da faixa de exploração, sendo per-

pendicular a esta. Repete-se o processo na outra extremidade. Usando o comando *Trim*, podem-se cortar as linhas que correspondem aos outros trechos. Usando o comando *Circle 2 Points* novamente, repete-se o processo para fechar o polígono com um semicírculo.

A seguir, deve-se proceder a criação de uma faixa auxiliar, para que haja uma margem maior para a obtenção dos pontos, já que cada ponto dentro da faixa de exploração precisa de outro ponto, a 90 m deste, para formar uma superfície. Por isso, é necessário criar uma faixa que tenha 90 m a mais para cada lado das extremidades da faixa já existente. Usando o comando *Offset*, duplica-se o polígono do plano de voo a uma distância de 90 m perpendicular a esta. Neste caso, para fechar o polígono, usa-se uma linha reta, através do comando *Offset* da linha que une as pontas dos limites da faixa auxiliar, a uma distância de 340 m desta. Com o comando *Line*, criam-se as linhas necessárias para fechar o polígono. Usando o comando *Join*, da mesma maneira que anteriormente, transformam-se os segmentos de reta em uma única polilinha referente à faixa auxiliar.

Na atividade “Estudos Topográficos”, acessando o painel de edição, na aba “Parâmetros”, devem-se desmarcar todas as caixas de conferência, e manter marcado apenas o item A1 – Desenhar PTS. Usando o botão “Desenhar superfície” do menu de comandos, percebe-se que os pontos aparecem desenhados na área de trabalho, em uma região referente à superfície estabelecida anteriormente. Essa quantidade de pontos faz-se desnecessária, uma vez que já foi estabelecida uma região por onde passará a rodovia. Assim, pode-se usar o comando “Remover Pontos em Polígonos”, no menu de comandos da atividade “Estudos To-

pográficos”, para remover os pontos indesejados. Como primeiro parâmetro do comando, seleciona-se o polígono da faixa auxiliar e, a seguir, digita-se “F” na barra de comandos para apagar os pontos de fora do polígono. Por fim, selecionam-se todos os pontos existentes da área de trabalho com o auxílio de uma janela grande, e aperta-se *Enter* no teclado para confirmar.

A seguir, cria-se uma nova superfície, selecionando o grupo de superfícies em “Escopo” e apertando o botão *Insert* do teclado. Pode-se renomeá-la para “Terreno”. Para importar as informações presentes nos pontos para dentro da superfície, utiliza-se o comando “Converter Pontos em Pontos CAD”, no menu de comandos da atividade “Estudos Topográficos”. Selecionam-se todos os pontos utilizando uma janela grande, e digita-se na barra de comando a letra “Z” para especificar que a informação de cota se encontra no eixo Z. Acessando a aba “Pontos”, no painel de edição, é possível ver as informações sobre todos os pontos. Deve ser feita a conferência de que nenhum ponto está com cota Z atribuída a zero.

Para gerar a nova superfície, na aba “Parâmetros” do painel de edição, desmarca-se o item A1 – Desenhar PTS, o item E1 – Polilinhas em 3D, e o item D4 – Desenhar MIT. Marca-se o item C1 – Desenhar Elevações, inserindo no item C1d 10 metros por pixel, o item D2 – Limitar planos, inserindo no item D2a 150 m, o item E4 – Desenhar CNVs mestras, inserindo no item E4d o intervalo de 10 m, e o item E5 – Desenhar CNVs simples, inserindo no item E5d um intervalo de 1 m. Por fim, clica-se no botão “Desenhar Superfície”.

Se houver linhas que se cortam umas às outras, deve-se desligar o *layer* do mapa de calor, explodir o bloco das curvas de nível e excluir as linhas com erro (retas).

A seguir, pode-se religar os *layers* e congelar os *layers* apenas da faixa de exploração, da superfície do terreno e da hidrografia. Na ferramenta CAD, pode-se usar o comando *Erase* para apagar todos os elementos na área de trabalho. Usando o comando *Purge*, selecionam-se as imagens e *layers* na caixa de diálogo. Pode-se excluir a superfície anteriormente criada, aquela que não armazena os dados do terreno da região de exploração.

Na atividade de Projeto Geométrico, na aba “Planimetria”, pode-se desenhar a planimetria, caso ela tenha sido apagada. Deve-se, então, criar um novo *layer* no qual serão armazenadas as imagens de satélite e, em seguida, deve-se ativar esse *layer* dando dois cliques na seleção. Na atividade de Projeto Geométrico, na aba “Planimetria” do menu de comandos, usa-se o comando “Mosaico de Imagens”. As imagens geradas devem ser de satélite e na escala de *zoom* 19. Para completar as áreas da faixa de exploração que não foram cobertas pelas imagens geradas, pode-se usar o comando “Capturar Imagem”, na aba “Superfície” da atividade de estudos topográficos.

A seguir, devem-se construir elementos para representar o sistema viário existente, vegetação e edificações, para facilitar o processo de identificação de interferências no terreno. Devem-se criar *layers* específicos para cada tipo de interferência. Com o *layer* correspondente selecionado, usando o comando *Polyline*, contorna-se o elemento de in-

terferência, formando um polígono fechado. Pode-se usar a ferramenta *Osnap* para fechar a polilinha. Com o comando *Hatch*, deve-se hachurar o polígono com um desenho sólido da cor correspondente ao *layer*.

Para as interferências de nascentes e rede elétrica, apenas círculos e polilinhas são suficientes. Podem-se construir esses elementos da forma que for desejada, aumentando a espessura ou o tipo das linhas, por exemplo.

Se for desejo da equipe dividir a etapa de representação dos elementos, é possível reunir todo o trabalho feito por mais de uma pessoa em uma única obra. Podem-se exportar os elementos desejados no botão “Início”, na função exportar no formato CAD. Esse arquivo pode ser importado em outro computador com o comando *Insert*.

2.3.8 Atividade 8 – Projeto Geométrico

Para iniciar essa etapa, é necessário ter na obra as imagens de satélite, a representação da hidrografia da região, assim como as elevações e a planimetria.

Primeiramente, deve-se adequar os parâmetros do eixo à situação do projeto. Na atividade de Projeto Geométrico, com a aba “Parâmetros” do menu de comandos selecionada, é possível visualizar a aba “Eixo” do painel de edição. No item B1 – Norma, deve-se selecionar a norma do DNIT, e no item B2 – Classe da Rodovia, seleciona-se a classe III, que é a classe das rodovias desenvolvidas no Projeto Ponto de Partida. No item B3 – Região, deve-se selecionar a opção correspondente à região onde a rodovia se desenvolve, de acordo com o parâmetro RMD,

já mencionado anteriormente para o cálculo do ET2. No item B5 – Unidade estaqueamento, seleciona-se km, que é a unidade utilizada no Rio Grande do Sul para os projetos geométricos. Para que essa alteração fique visível na área de trabalho, usa-se o comando “Desenhar Planimetria”, na aba “Planimetria”. Esses parâmetros servirão de base para que o programa identifique inconformidades no projeto da rodovia.

Durante a execução do Projeto Geométrico, utilizam-se os comandos “Adicionar PIs” e “Remover PIs”, no menu de comandos da aba “Planimetria”. Para alterar a posição de um PI, pode-se clicar em cima do eixo e usar os *grips* (quadrados azuis) que aparecem em cada ponto para selecioná-lo e mover. Durante esse processo, caso apareçam mais de duas linhas ligadas ao *grip*, deve-se cancelar o comando apertando a tecla *Esc* do teclado duas ou três vezes, e iniciar o processo novamente.

Para adicionar raios e clotoides às curvas, pode-se tanto definir no painel de edição da aba “Planimetria”, usando a tabela de PI’s para referenciar para cada ponto, quanto utilizando a função BD, que corresponde à distância do PI até o centro da curva. Ainda no mesmo painel de edição, no item A6 – BD, pode-se usar o botão “+” para selecionar na área de trabalho o comprimento desse elemento. Pode-se observar que o valor do raio para este PI é alterado na tabela de PI’s, quando o comprimento BD é selecionado.

Uma vez lançada a planimetria e as dimensões dos raios, deve-se analisar as inconformidades. No painel de gerenciamento, pode-se identificar a aba “Inconformidades”, na qual estão todos os itens que devem ser corri-

gidos para que o projeto atenda às normas. As sucessões de zona IV devem ser eliminadas por serem perigosas aos usuários. Os problemas de intertangente também devem ser corrigidos adotando-se as medidas necessárias.

A seguir, é possível gerar alguns dos relatórios necessários ao trabalho final. Na aba “Parâmetros” do menu de comandos da atividade de Projeto Geométrico, pode-se acessar o RDT (Relatório da Diretriz de Traçado), que identifica principalmente os rumos e azimutes, e o RPL (Relatório da Planilha de Coordenadas), que apresenta os elementos das curvas. Clicando no botão *Export to*, no menu de comandos, é possível exportá-los em PDF.

Também faz parte do Projeto Geométrico a adequação do greide e das curvas verticais. Na aba “Altimetria” da atividade de Projeto Geométrico, deve-se, em primeiro lugar, usar o comando “Atualizar Perfil”. É importante conferir se no quilômetro zero e no quilômetro final há informação de altimetria do terreno. Se não houver, significa que a superfície começa depois do início do traçado. Para corrigir, é preciso alterar o traçado na planimetria para que ele passe para dentro da região da superfície, ou estender a superfície para adiante do traçado, gerando novos pontos. Sempre que forem feitas mudanças na planimetria, deve-se atualizar o perfil altimétrico. Para proceder a adequação do greide, pode-se adicionar novos PIVs, usando o comando “Adicionar PIVs” da aba “Altimetria”. Pode-se alterar a posição dos PIVs com o uso dos *grips*, e excluí-los com o comando “Remover PIVs”, da mesma forma que na planimetria.

Em um primeiro momento, deve-se apenas caracterizar um greide seguindo o terreno da região, sem analisar rampas. A seguir, usa-se o recurso de marcadores para a caracterização de interferências. Na aba “Planime-

tria” do menu de comandos, usando o comando “Criar Marcador”, inserem-se pontos em cima das interferências de córregos e estradas existentes na planimetria. Esses marcadores serão referenciados na altimetria, com a respectiva estaca. Deve-se atentar para o fato de que cada vez que a planimetria é alterada, os marcadores são excluídos.

Em relação a estradas existentes, é preciso que o greide esteja a uma distância vertical de 1 m, no máximo. Para facilitar o controle, marca-se essa distância com a ferramenta CAD, desenhando círculos com raios de 1 m, centralizados no encontro do marcador com o terreno. Estando as escalas diferentes em cada eixo para melhor visualização, deve-se inserir 10 m na barra de comandos para que o círculo tenha o tamanho desejado, já que cada 10 m na horizontal equivalem a 1 m na vertical. Utilizando o comando *Trim* da ferramenta CAD, pode-se cortar a linha do marcador no trecho que passa por dentro do círculo. Pode-se, então, apagar a circunferência e adicionar duas linhas horizontais a partir dos finais da linha do marcador. O greide deve passar dentro do espaço entre os dois segmentos de linha.

No pé da linha do marcador na altimetria, há um texto identificando o greide. Pode-se usar o comando *Copy* para copiar o texto em uma posição mais próxima dele. Dando dois cliques no texto, é possível alterá-lo no painel de edição. Pode-se usar esse texto para caracterizar a interferência a que corresponde o marcador, conferindo na planimetria.

No caso de interferências de córregos, é preciso identificar o tamanho do bueiro necessário. O tamanho é função do comprimento do córrego desde a nascente até a interferência com a rodovia, e a relação entre os valores encontra-se no Termo de Referência. Entre o bueiro

e a rodovia, deve haver no mínimo 60 cm de recobrimento, ou seja, a distância entre o terreno e a rodovia, nos pontos com interferência de cursos d'água, deve ser de, no mínimo, o diâmetro do bueiro acrescido de 0,6 m. Para caracterizar um bueiro de 1,5 m de diâmetro, por exemplo, faz-se um círculo centrado no encontro da linha do marcador com o terreno, e de raio igual à distância entre o terreno e a rodovia, que neste caso será 2,1 m (1,5 m + 0,6 m), mas que, por razões de escala, deve ser representada como 21, conforme já explicado anteriormente. Usando o comando *Trim*, pode-se cortar a linha do marcador acima da circunferência. Feito isso, pode-se apagar a circunferência e desenhar uma linha horizontal na extremidade da linha do marcador. Para efeito de representação do bueiro, desenha-se com comando de elipse.

É crucial passar sempre dentro do intervalo de 1 m das estradas e acima do limite do bueiro. Assim, adapta-se o greide para respeitar essas exigências. Outro fato para o qual se deve atentar é a situação de cotas mínimas em corte. Nos casos de curvas que resultarão em pontos de mínimo no greide, deve-se garantir uma distância entre o terreno e o greide de modo que seja possível a instalação de um bueiro.

Tendo lançado o greide, pode-se prosseguir para a caracterização das projeções de parábolas. Na aba "Altimetria" do menu de comandos da atividade de Projeto Geométrico, pode-se observar no painel de edição uma tabela com a caracterização dos pontos de inflexão verticais. Na representação de altimetria, pode-se identificar o quilômetro do ponto e encontrá-lo na tabela para poder atribuir o valor de projeção.

No item C1 – Projeção, pode ser feita essa atribuição, e nos itens C1a e C1b pode-se ajustar as partes da projeção que devem ser dispostas antes do ponto e depois do ponto.

Da mesma maneira que na parte de planimetria, é preciso analisar as inconformidades altimétricas referentes à rampa mínima e máxima, e k máximo. Para facilitar a visualização, é possível comprovar as inconformidades de acordo com o tipo, arrastando a coluna de “Módulo” e a coluna “Tipo” para o espaço acima da planilha. Assim, visualizam-se separadamente as inconformidades de planimetria e de altimetria, além do tipo de cada inconformidade. Todas as inconformidades de altimetria devem ser eliminadas.

Deve-se atentar para as ocorrências de k acima do máximo ($k > 43$). Essa situação não é aceita nos casos em que as rampas (anterior e posterior) apresentam sinais diferentes. Além disso, é importante lembrar que nos pontos mínimos também deverá existir um bueiro. Nestas situações, utiliza-se o diâmetro de menor dimensão. Nos bueiros em cotas mínimas arbitra-se que a dimensão será a do bueiro mais barato, que é o de 60 cm.

Após lançado o greide e verificadas todas as inconformidades e interferências, pode-se gerar o relatório da parte altimétrica. Acessando a aba de “Parâmetros” do menu de comandos da atividade de Projeto Geométrico, clica-se no botão “RAT”, que é o relatório de características altimétricas.

A etapa seguinte é a referente às seções transversais. Para representá-las, inicialmente definem-se os parâmetros para as seções. Esses parâmetros são encontrados no Termo de Referência. No painel de edição visível a partir da aba de “Parâmetros” do menu de comandos da

atividade de Projeto Geométrico, insere-se os valores encontrados no Termo de Referência nos itens E1 – Largura de Captura e E2 – Espessura de Limpeza.

A seguir, acessa-se a aba “Seções” do menu de comandos do Projeto Geométrico. Primeiramente, clica-se no botão “Atualizar Seções”, para que as seções do terreno sejam capturadas. No painel de edições, pode-se observar uma pequena área de trabalho na parte superior, e na linha de status, no canto direito, há uma linha de navegação e setas para os dois lados. Quando acionada a seta para a direita, começam a aparecer as representações das seções na área de trabalho pequena.

Para caracterizar a limpeza do terreno, é utilizado o botão “Atribuir Espessuras das Camadas”, ainda na aba “Seções”. Podem-se observar os parâmetros desse comando na barra de comandos. Ao primeiro, “espessura de limpeza”, atribui-se “L” e, aos os seguintes, basta confirmar o valor sugerido com a tecla *Enter* do teclado.

Uma vez definida a seção de terreno, passa-se para a definição de seção de projeto. Para gerá-la, deve ser aplicado o padrão de gabarito já fornecido. Primeiramente, na aba “Objetos” do painel de edição, clica-se no botão “Carregar biblioteca” e seleciona-se o arquivo com extensão BOS. Na aba “Montagens” do painel de edição, clica-se também em “Carregar biblioteca” e seleciona-se, desta vez, o arquivo com extensão BMS. É importante ressaltar que o SAEPRO não armazena estes arquivos na obra, ou seja, cada vez que o programa for encerrado e aberto novamente, será necessário repetir esse processo. Em seguida, na aba “Lista de Seções de Projeto”, ainda do painel de edição, marca-se todos os itens da primeira lista e o item que aparece na segunda lista. A

seguir, acessa-se a aba “Planimetria” do menu de comandos, e clica-se nos botões “SE e SL por curvas” e “SE e SL por estacas”. Voltando à aba “Seções”, clica-se no botão “Aplicar SE e SL nas seções” do menu de comandos. Depois de ter feito os comandos, pode-se voltar ao painel de edição, na aba “Lista de Seções de Projeto”, e clicar no botão “Aplicar montagem nos kms selecionados”.

Voltando à aba “Estacas” do painel de edição, pode-se observar na área de trabalho a representação das seções calculadas. Podem-se identificar aterros e cortes. Deve-se lembrar que aterros e cortes muito grandes acarretam maiores custos e penalizações.

Feito isso, pode-se representar os offsets. Da aba “Parâmetros” do menu de comandos, acessa-se a aba “Desenho” do painel de edições. Ativa-se o item B6 – Offsets. Na aba “Planimetria” do menu de comandos, clica-se em “Desenhar Planimetria”, para que sejam representados os offsets na área de trabalho. É possível identificar em azul as regiões de aterro, e em vermelho as regiões de corte.

2.3.9 Atividade 9 – Cálculo de Indicadores de Projeto Geométrico (PG1, PG2, PG3)

Após executado o Projeto Geométrico, pode ser realizado o cálculo dos três indicadores do projeto: tortuosidade média, esforço altimétrico adicional percentual e acréscimo sobre a plataforma. Para que se possa prosseguir os cálculos, é necessário que toda a planimetria, altimetria e seções transversais já tenham sido definidas. As fórmulas para todos os indicadores podem ser observadas no arquivo de diretrizes do projeto.

O primeiro indicador, *PG1*, que se refere à tortuosidade média, pode ser obtido diretamente de um relatório presente no próprio SAE-PRO, o RCA. Esse relatório encontra-se na aba “Parâmetros” do menu de comandos do Projeto Geométrico. O sentido da escala desse indicador é: quanto menor for o valor obtido, melhor, pois indica que a rodovia será menos sinuosa.

Para o segundo indicador, *PG2*, o qual se refere ao esforço altimétrico adicional, precisa-se obter os comprimentos virtuais e a extensão total do trecho, pois este indicador está baseado no comprimento virtual de ida e de volta. Os comprimentos virtuais podem ser obtidos no mesmo relatório, RCA, assim como a extensão total do trecho. Para que se obtenha o valor do indicador, pode ser utilizado o Excel, no qual se calcula a razão entre a soma dos comprimentos virtuais e o dobro da extensão, subtraindo-se uma unidade desse valor. Para obter o valor percentual, multiplica-se por cem.

Já o terceiro indicador, *PG3*, prevê a razão entre o somatório de todas as larguras dos offsets e a largura da plataforma de terraplenagem na seção. Para se obter tais valores, é preciso acessar o relatório RNS, que se encontra na aba “Parâmetros” do menu de comandos do Projeto Geométrico. É possível observar que, para cada um dos lados, são fornecidas a largura da plataforma de terraplenagem e as larguras dos offsets por estaca. Exporta-se esse relatório para o Excel, onde se faz o cálculo do indicador. Ao lado da planilha, adiciona-se uma coluna para a soma das distâncias de offsets do lado direito e do lado esquerdo por estaca (podendo ser denominada *L_o*), e outra para a soma das distâncias da plataforma dos dois lados (podendo ser denominada *L_p*). Em uma ter-

ceira coluna, é possível calcular a razão entre os dois valores, subtraindo uma unidade (1). As fórmulas podem ser usadas para todas as estacas. No final da coluna, é feito um somatório de todas essas parcelas. Para que se possa prosseguir com o cálculo do indicador, ainda é necessário saber o número de estacas. Para tanto, pode-se utilizar a função “cont. valores”, e selecionar todos os valores de *Lo*. Em uma célula separada, calcula-se o valor do indicador, o qual é obtido pelo somatório dividido pelo número de estacas e multiplicado por cem.

Os indicadores *ET1*, *ET2* e *ET3* deverão ser recalculados, pois com a alteração do eixo eles serão alterados também.

2.3.10 Atividade 10 – Quantitativos

O objetivo desta atividade é contabilizar as quantidades que devem ser levadas em conta no custo da rodovia. Os valores de cada quantidade são encontrados no arquivo de orçamento, provido pelo professor. Previamente, deve-se analisar o projeto, a fim de verificar se todas as imagens capturadas estão de acordo. Algumas delas podem estar duplicadas e então deverão ser eliminadas.

Para calcular o primeiro quantitativo, que se refere à limpeza do terreno, deve-se acessar a aba “Modelo 3D” do menu de comandos da atividade de Projeto Geométrico. Com esta aba selecionada, clica-se no botão “Polígono Offsets”. A seguir, usa-se a ferramenta CAD e o comando *Offset*, selecionando o polígono mais externo e usando uma distância de 2 unidades para o lado de fora do polígono. Assim, obtém-se um segundo polígono mais externo ao original. Usando o comando

Move, pode-se mover esse elemento para uma região da área de trabalho, onde não haja interferência com outros elementos. Para calcular o custo, precisa-se medir a área do polígono. Usando o comando *Area*, selecionando o parâmetro *Entity* e o polígono, o programa retorna a área. Uma vez anotado o valor da área, pode-se apagar o polígono.

O segundo quantitativo refere-se a áreas de desmatamento. As áreas de mata nativa já foram representadas anteriormente através de uma polilinha. Nesta etapa, usa-se essa polilinha para contabilizar a área a ser desmatada. Usando o polígono de offsets original, e o comando *Trim*, pode-se “cortar” a polilinha para delimitar apenas a região compreendida dentro dos offsets. Do novo polígono obtido, calcula-se a área. No Termo de Referência, encontra-se a quantidade de árvores por m² existentes na região, e, a partir desse valor, calcula-se a quantidade de árvores que será desmatada. É importante salientar que o número de árvores deve ser um valor inteiro, ou seja, o valor obtido deve ser arredondado para a unidade superior mais próxima.

A seguir, faz-se a análise de custo dos bueiros. A dimensão dos bueiros já foi definida na Atividade 9, de Projeto Geométrico, de acordo com o Termo de Referência. Para contabilizar o custo, é preciso saber o comprimento do bueiro, pois o valor é determinado para cada metro de extensão. Para medir o tamanho do comprimento do bueiro, devem-se observar todas as situações de interferência com córregos na planimetria. Para cada um dos córregos, desenha-se um segmento de reta, na ferramenta CAD, que tem seu início no encontro da linha do córrego com a linha do offset, e seu fim no encontro da linha do córrego com o outro offset. Usando o comando *Offset*, cria-se uma cópia dessa linha

para um lado e para o outro, para representar a largura do bueiro. Essa largura é a equivalente ao diâmetro do bueiro, também utilizado para a representação na altimetria. Assim, a distância de offset para cada lado da linha inicial deve ser igual à metade do diâmetro do bueiro dimensionado para aquela situação. A linha inicial pode ser apagada, restando duas linhas que representam o bueiro na vista superior. O comprimento dessas linhas pode ser medido com o comando *Dist*. Os tubos são comercializados de metro em metro, por isso, o comprimento deve ser arredondado para a unidade superior mais próxima. Na maioria das vezes, o córrego não corta o eixo da rodovia em um ângulo reto, há uma inclinação, mesmo que pequena. Essa inclinação do córrego em relação à linha perpendicular ao eixo é o que se chama de esconsidade. Dependendo do valor da esconsidade, determina-se o tamanho da boca do bueiro, que também será levada em conta na contabilização de custos. Para calcular o ângulo, desenha-se com a ferramenta CAD uma linha que vai do encontro do eixo da rodovia com o centro do bueiro (entre as duas linhas desenhadas) até o offset mais próximo e, para isso, pode-se usar o comando *Osnap Perpendicular*. Na aba *Anotate* do menu de comandos da ferramenta CAD, seleciona-se o comando “Angular” e, em seguida, clica-se no ponto de interseção entre a linha do bueiro e essa nova linha perpendicular e nos pontos finais de cada uma das linhas. O programa então informa o valor do ângulo, que deve ser arredondado para 15°, 30° ou 45°, o valor que for mais próximo e superior ao valor medido. Para cada bueiro utilizam-se duas bocas.

Também deve-se medir a quantidade de terra movimentada no Projeto de Terraplenagem. Acessando a atividade “Projeto de Terraplenagem” no painel de gerenciamento, visualiza-se no painel de edição a aba “Parâmetros”. Os itens A1, A2 e A3, referentes à homogeneização das categorias de 1 a 3, devem ser preenchidos com os valores encontrados no Termo de Referência ou ofício circular disponibilizado. A seguir, usa-se o botão “Volumes de Terraplenagem” no menu de comandos para calculá-los, e o botão “Desenhar Maciços” para desenhá-los abaixo da altimetria. Clica-se no botão “RVR” do menu de comandos para gerar o relatório referente ao resumo dos volumes. Neste relatório, podem-se observar os volumes homogeneizados de corte e de aterro. Se o volume homogeneizado de corte for maior do que o de aterro, será necessário utilizar um bota-fora. Por outro lado, se o volume de aterro for maior do que de corte, precisa-se extrair material de uma jazida. Abrindo o relatório “RBR”, chamado de Relatório de Brückner, observa-se o saldo de solo do projeto, ou seja, linhas acima de zero significam cortes, e linhas abaixo de zero significam aterros. Pode-se visualizar em que posição do traçado da rodovia se faz mais necessária a utilização de aterros (representada pela linha com declividade negativa acentuada ou de grande extensão). Essa posição é a melhor candidata à posição de uma jazida. Pode-se também identificar a posição de maior corte, perto da qual se faz necessário um bota-fora. Se a diferença entre cortes e aterros for muito significativa, é possível adicionar mais de um ponto de jazida ou bota-fora, mas deve-se lembrar que esses recursos acarretam custos adicionais.

Para fazer a inserção, abre-se a atividade “Estudos Geotécnicos”. Ampliando-se o painel de edição com o uso do botão “ • ”, pode-se usar a tecla *Insert* do teclado. A seguir, na linha que surge, seleciona-se o tipo do maciço, “Origem” ou “Destino”, e o subtipo, “Jazida” ou “BF”, e atribui-se um nome. Atribui-se então uma localização, quilômetro inicial, final e do centro de gravidade, e distância morta, que é referente à distância entre o elemento e a rodovia. Além disso, atribui-se também o volume necessário, que deve ser inserido na coluna “Vol. Homogeneizado”, e o seu valor deve ser multiplicado pelo fator de homogeneização na coluna “Vol. Geométrico”. Com esses parâmetros inseridos, pode-se excluir com o comando *Erase* a representação que havia sido desenhada anteriormente. Na atividade de “Projeto de Terraplenagem”, deve-se clicar no botão “Desenhar Maciços” no menu de comandos. Uma vez que a representação for desenhada, deve ser possível visualizar a jazida ou o bota-fora adicionado. Em azul, observa-se o crédito de material, e em vermelho o débito.

No painel de edição do Projeto de Terraplenagem, acessa-se a aba “Maciços”, para que possa se observar a evolução da compensação dos volumes. A movimentação de terras deve ser feita de um corte para um aterro, preenchendo-se primeiramente a parte inferior do aterro. Usando-se o botão “Compensar Maciços” do menu de comandos, ativa-se o comando que permite selecionar a origem e o seu respectivo destino. À medida que a distribuição vai sendo realizada, no painel de edição, observa-se em verde o elemento de corte já destinado ou o elemento de aterro totalmente suprido. Em amarelo, são caracterizados os elementos de corte que estão parcialmente destinados ou os elementos de aterro que estão parcialmente preenchidos. Deve-se atentar para o

fato de que os cortes de 3ª categoria devem obrigatoriamente ser destinados a um aterro inferior. Ao final da distribuição, todas as origens devem suprir todos os destinos. Se sobrar material em uma origem ou faltar material em um destino, deve ser verificada a quantidade em excesso ou falta. Esse valor pode ser identificado usando o botão de “+” que aparece no painel de edição ao lado de cada aterro e corte. Clicando neste botão referente ao último aterro ou corte, no qual falta ou sobra material, faz-se a diferença entre a soma dos volumes parciais e o volume homogeneizado total. Se o valor da diferença for de uma ordem de grandeza muito baixa, ela pode ser desconsiderada.

A seguir, usando o comando “Desenhar Maciços” novamente, podem ser visualizadas as descrições da distribuição. Usando o botão “ROD”, gera-se o relatório de distribuição. Usando o comando *Export to XLS File*, abre-se o arquivo no Excel, onde serão feitos os cálculos necessários. Inicialmente, copiam-se os valores das colunas de distância de transporte e volume compactado e colam-se estes em células um pouco afastadas do relatório, usando o recurso de “Colar Especial – Valores”. Selecionando todos os valores, pode-se formatar o número para duas casas decimais, e, usando o botão “Classificar e Filtrar”, ainda com as duas colunas selecionadas, acessa-se o comando “Classificar de menor para maior”. Com o auxílio da tabela de dados de orçamento, separam-se os valores de distância nas faixas estabelecidas (de 50 m a 200 m, de 200 m a 400 m etc.). Podem-se somar os valores de volumes em cada uma dessas faixas, e atribuir o valor por m³ respectivo a cada somatório.

Para contabilizar os custos de compactação, copiam-se as colunas “TIPO + ID” e “VOLUME GEO. TOT.” das informações sobre destinos, colando-as nas células ao lado. Usando o botão “Classificar e filtrar”, usa-se o comando “Classificar de A a Z”. Assim, identificam-se os aterros inferiores, “AI”, e superiores, “AS”, e pode-se efetuar a soma dos volumes de cada um desses tipos de aterros. Na tabela, o preço da compactação do aterro inferior está caracterizado como “Compactação de aterros a 95 % proctor normal”, e o do aterro superior está como “Compactação de aterros a 100 % proctor normal”. A compactação de material de bota-fora também deve ser quantificada e contabilizada com o preço da tabela.

Também devem ser quantificadas as áreas de desapropriação de edificações. Neste caso, se for necessária a desapropriação, a área desapropriada deve ser a área inteira da edificação, independentemente da área da edificação que se encontra dentro da faixa de domínio. O custo de cada m² desapropriado também encontra-se na tabela.

2.3.11 Atividade 11 – Cálculo de Indicadores de Projeto de Terraplenagem (PT1, PT2 e PT3)

As fórmulas para todos os indicadores podem ser observadas no arquivo de diretrizes do projeto.

O primeiro indicador, *PT1*, refere-se ao volume de terraplenagem transportado por quilômetro, nos serviços de escavação, carga e transporte. Seu valor é calculado através da razão entre a soma dos volumes

geométricos de materiais de origem em m^3 e a extensão da rodovia em quilômetros. Os volumes geométricos podem ser encontrados no mesmo relatório utilizado anteriormente, “ROD”, na coluna “GEO. TOTAL”.

O indicador *PT2* refere-se à distância média de transporte, chamado de DMT. Esse valor pode ser identificado no mesmo relatório, na parte inferior.

Por fim, o indicador *PT3* refere-se à porcentagem de volumes externos ao trecho, que podem ser de jazida ou bota-fora. Para calculá-lo, obtém-se no relatório ROD, na coluna “GEO. TOTAL”, o volume total referente à jazida, e na coluna “VOLUME GEO. TOT.” obtém-se o volume referente ao bota-fora. O somatório desses volumes externos deve ser dividido pelo volume total de materiais de origem subtraído do volume de jazidas. A esse valor aplica-se porcentagem.

2.3.12 Atividade 12 – Produção de Pranchas

Essa atividade consiste na produção das pranchas finais do projeto. Ela deverá ser feita após a total conclusão do projeto, com todas as marcações feitas e informações de bueiros e de estradas existentes inseridas.

Inicialmente, acessa-se a atividade de Projeto Geométrico e seleciona-se a aba “Parâmetros” do menu de comandos. No painel de edição, acessa-se a aba “Desenho”, e marcam-se os itens B6 – Offsets, B7 – Faixa de domínio, e B8 – Layouts e B8k – Setas De Para, e insere-se a cidade onde se encontra o ponto de partida no campo “De” e a cidade onde se localiza o ponto final em “Para” (também pode ser utilizada uma rodovia já existente como interseção inicial ou final). Alguns itens já

devem estar marcados por padrão, e devem continuar assim; são eles: A2, B1, B2, B3, B5, C1 e C2. Na aba “Eixo” do painel de edição, deve-se conferir se os valores inseridos nos itens C6a, C6b e C6c estão corretos conforme o Termo de Referência. No menu de comandos, selecionando a aba “Planimetria”, clica-se no botão “Desenhar Planimetria”. Acesando, na linha de status, o botão *Model*, pode-se visualizar os layouts criados. Acima do layout, existem uma rosa dos ventos indicando a direção norte e uma tabela com elementos das curvas, que deverão ser movidas para dentro do layout, para aparecer na impressão. Utilizando o comando “*Move*”, posiciona-se a tabela no canto inferior direito da parte planimétrica, e a rosa dos ventos no canto superior direito da página, ou onde for mais conveniente em relação à visibilidade. É possível que os elementos apareçam abaixo do desenho no layout, nesse caso, pode-se usar o comando *Bring to Front* da ferramenta CAD.

O layout também inclui um selo que deverá ser editado conforme a página. Para editá-lo, seleciona-se o selo e usa-se o comando *Explode* para separar os elementos. Depois de separados, os textos podem ser editados no painel de edição da ferramenta CAD, no campo *TextString*. No código da prancha, será utilizada sigla “PG” e a numeração conforme o número total de páginas. As informações de “Rodovia”, “Trecho” e “Data” também devem ser preenchidas. É possível inserir o logo da empresa que está projetando a rodovia. O selo pode ser copiado e colado nas outras pranchas, para que não seja necessário alterá-los individualmente. Deve-se, também, apagar com o comando *Erase* os elementos de linha amarela que marcam a seção transversal visualizada, tanto na planimetria como na altimetria. Também deve-se delimitar entre os offsets

uma área para a quebra das curvas de nível. Usando o comando *Trim*, cortam-se as curvas de nível no espaço entre os offsets. Entretanto, para que seja possível usar o comando e cortar as curvas, as polilinhas não devem ter sido desenhadas em 3D. Pode-se confirmar isso acessando a atividade de estudos topográficos, no painel de edição de “Parâmetros”, em que o item E1 não deve estar marcado. Se estiver, deve-se redesenhar as curvas de nível. É preciso ater-se para a identificação das imagens nos layouts, pois nenhum espaço deve ser deixado em branco nas pranchas, toda a área da *viewport* deve ser preenchida por imagens. Se estiverem faltando imagens, pode-se incluir mais, usando o comando “Capturar Imagem” na atividade de estudos topográficos.

A seguir, geram-se as pranchas altimétricas. Na atividade de Projeto Geométrico, tendo selecionado a aba “Parâmetros” no menu de comandos, seleciona-se a aba “Desenho” do painel de edição. Marca-se o item C3 – Layout. Na aba “Altimetria” do menu de comandos, usa-se o comando “Desenhar altimetria”. Desenhados os layouts, deve-se tomar o cuidado de verificar se todos os elementos que caracterizam a altimetria estão dentro da área abrangida pelo layout correspondente. Caso algum elemento não esteja dentro do retângulo, deve-se usar o comando *Move* e movê-lo para uma localização visível. Voltando no modo *Model*, pode-se visualizar a prancha completa, formada por planimetria e altimetria. Os textos da parte inferior da altimetria não devem estar sobrepostos, devem estar legíveis. Da mesma maneira, é possível manipular a posição dos elementos para que não haja sobreposição.

Após ter feito todos os ajustes necessários, deve-se gerar os arquivos PDF. Na aba “Parâmetros” da atividade de Projeto Geométrico, usa-se o comando “Planialtimétrico para PDF”, e insere-se como parâmetro

“Defina Código dos Layouts” o termo “PG” ou outra palavra presente no nome das pranchas. As pranchas geradas deverão ser impressas em A3 na extensão PDF.

Em seguida, deve-se proceder a produção das pranchas de distribuição de terraplenagem. Na atividade de estudos de terraplenagem, deve-se usar o comando “Desenhar Maciços”, presente no menu de comandos. A seguir, deve ser possível identificar as pranchas de Projeto de Terraplenagem clicando no modo *Model* da linha de status. Elas devem estar identificadas com a sigla “PT”. Deve-se, também, alterar o selo dessas pranchas, pois o código para elas é “PT”, de Projeto de Terraplenagem. A seguir, acessa-se a atividade de Projeto Geométrico, e na aba “Parâmetros” do menu de comando, clica-se no botão “Planialtimétrico para PDF” e procede-se da mesma forma que anteriormente.

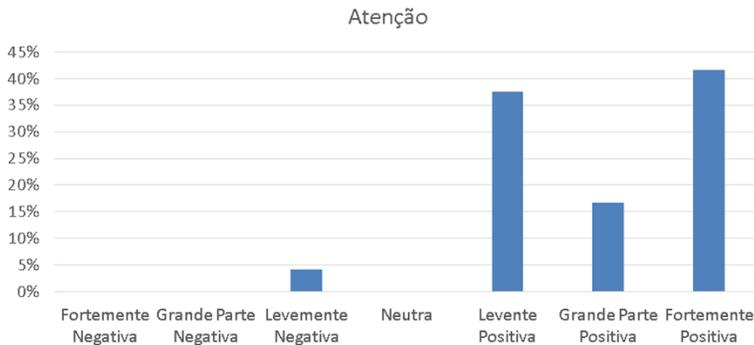
A última parte da produção de pranchas refere-se às seções transversais. Na atividade de Projeto Geométrico, com a aba “Parâmetros” selecionada no menu de comandos, acessa-se a aba “Desenho” do painel de edição. Amplia-se a visualização do item D1 – Layout de Seções Transversais, e seleciona-se no item D1b a escala “400”. No item D1c – Cortar, deve-se marcar a opção “Sim”. Em seguida, acessa-se a aba “Seções” do menu de comandos e clica-se no botão “Desenhar Seções”. Na barra de comandos, pode-se escolher a opção “Layout”. Se o programa demorar muito, perto do final do processamento, pode-se usar o botão “Cancelar” no painel de gerenciamento para que o processo seja concluído. Retornando à aba “Parâmetros”, usa-se o botão “Seções para

PDF”. Usando o botão *Enter* do teclado, pode-se confirmar que a primeira estaca gerada é a inicial e a última é a final. As pranchas geradas em PDF devem ser paginadas.

2.4 RESULTADOS DA PESQUISA DE SATISFAÇÃO

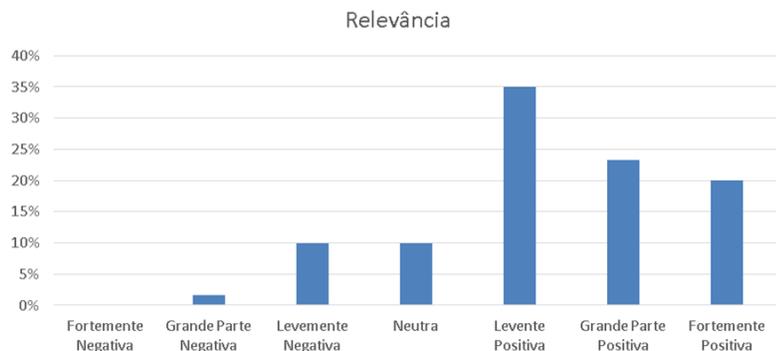
Os resultados da pesquisa do semestre letivo de 2018/2 foram organizados nas seções apresentadas no Quadro 8, e estão representados abaixo em gráficos, nas Figuras 22 a 33. A escala de resposta varia entre uma avaliação negativa, neutra ou positiva sobre determinado aspecto trabalhado no Projeto.

Figura 22: resultado da pesquisa de satisfação sobre a motivação “Atenção”.



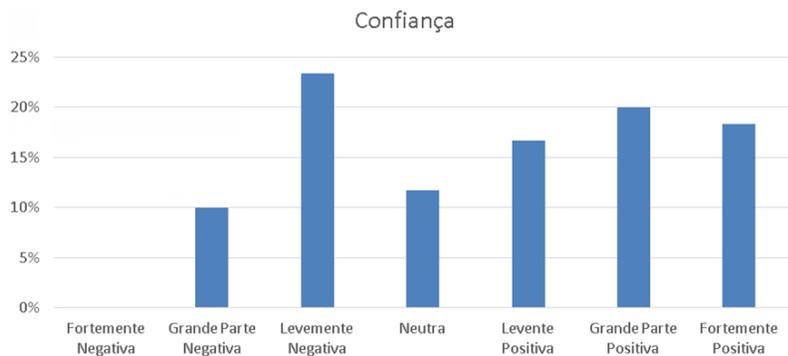
Descrição da Figura 22: gráfico de colunas mostrando o percentual dos níveis de satisfação relativos à motivação “Atenção”. — Fonte: os autores.

Figura 23: resultado da pesquisa de satisfação sobre a motivação “Relevância”.



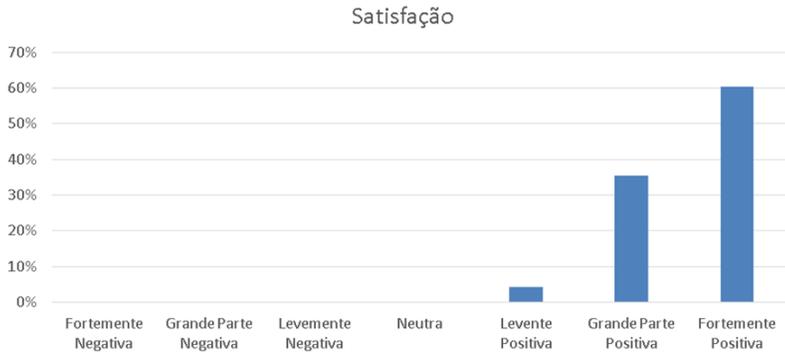
Descrição da Figura 23: gráfico de colunas mostrando o percentual dos níveis de satisfação relativos à motivação “Relevância”. – Fonte: os autores.

Figura 24: resultado da pesquisa de satisfação sobre a motivação “Confiança”.



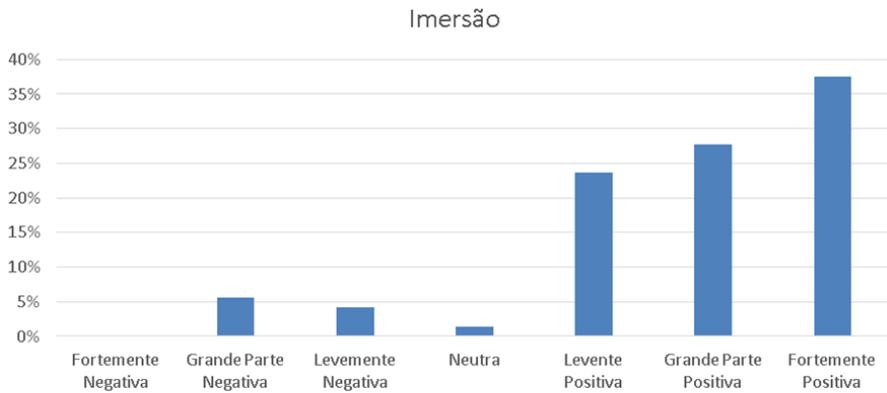
Descrição da Figura 24: gráfico de colunas mostrando o percentual dos níveis de satisfação relativos à motivação “Confiança”. – Fonte: os autores.

Figura 25: resultado da pesquisa de satisfação sobre a motivação “Satisfação”.



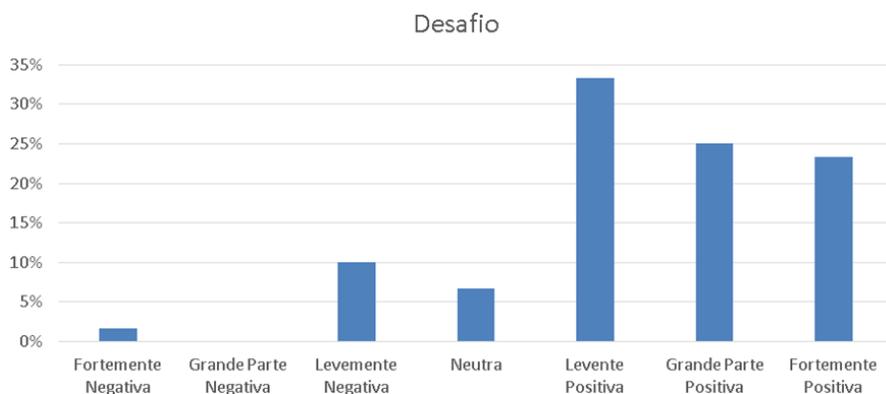
Descrição da Figura 25: gráfico de colunas mostrando o percentual dos níveis de satisfação relativos à motivação “Satisfação”. – Fonte: os autores.

Figura 26: resultado da pesquisa de satisfação sobre a motivação “Imersão”.



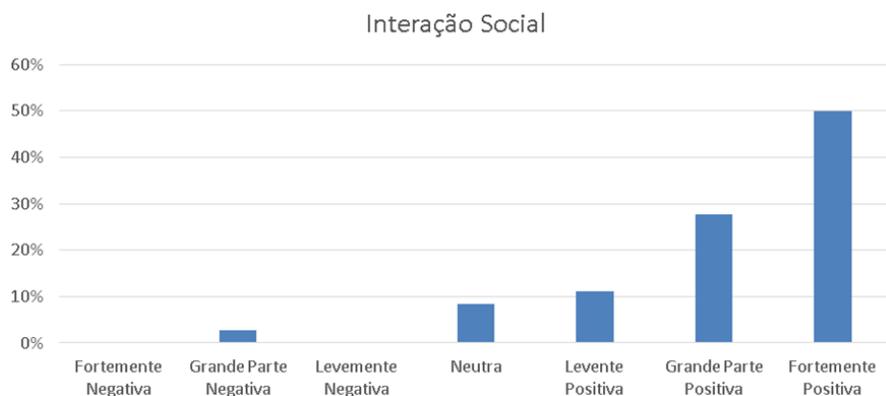
Descrição da Figura 26: gráfico de colunas mostrando o percentual dos níveis de satisfação relativos à motivação “Imersão”. – Fonte: os autores.

Figura 27: resultado da pesquisa de satisfação sobre a motivação “Desafio”.



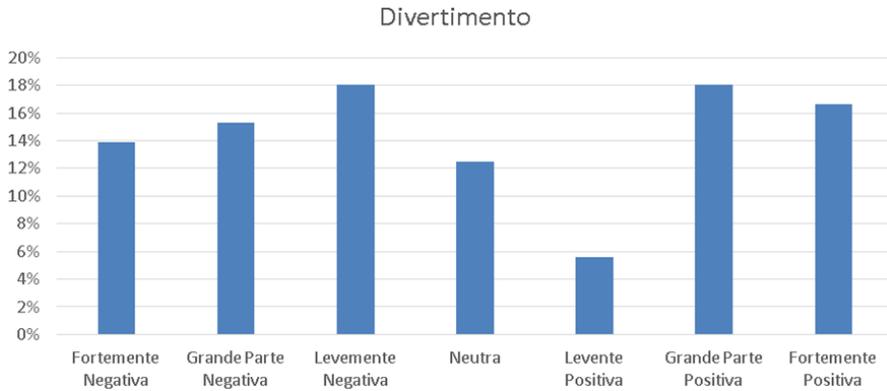
Descrição da Figura 27: gráfico de colunas mostrando o percentual dos níveis de satisfação relativos à motivação “Desafio”. – Fonte: os autores.

Figura 28: resultado da pesquisa de satisfação sobre a motivação “Interação social”.



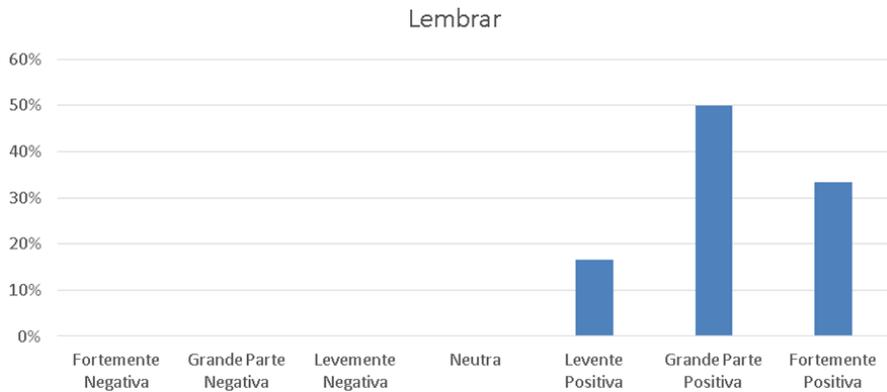
Descrição da Figura 28: gráfico de colunas mostrando o percentual dos níveis de satisfação relativos à motivação “Interação social”. – Fonte: os autores.

Figura 29: resultado da pesquisa de satisfação sobre a motivação “Divertimento”.



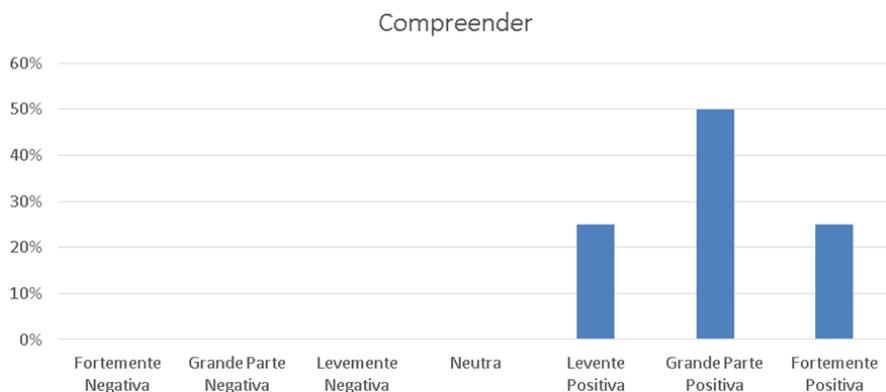
Descrição da Figura 29: gráfico de colunas mostrando o percentual dos níveis de satisfação relativos à motivação “Divertimento”. – Fonte: os autores.

Figura 30: resultado da pesquisa de satisfação sobre a motivação “Lembrar”.



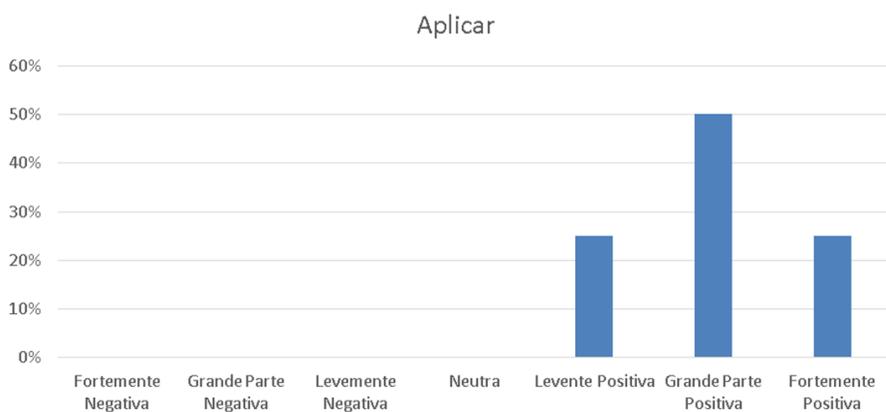
Descrição da Figura 30: gráfico de colunas mostrando o percentual dos níveis de satisfação relativos à motivação “Lembrar”. – Fonte: os autores.

Figura 31: resultado da pesquisa de satisfação sobre a motivação “Compreender”.



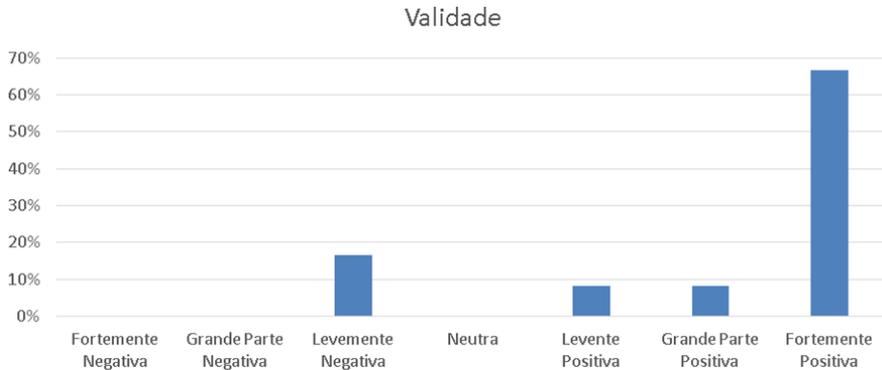
Descrição da Figura 31: gráfico de colunas mostrando o percentual dos níveis de satisfação relativos à motivação “Compreender”. — Fonte: os autores.

Figura 32: resultado da pesquisa de satisfação sobre a motivação “Aplicar”.



Descrição da Figura 32: gráfico de colunas mostrando o percentual dos níveis de satisfação relativos à motivação “Aplicar”. — Fonte: os autores.

Figura 33: resultado da pesquisa de satisfação sobre a motivação “Validade”.



Descrição da Figura 33: gráfico de colunas mostrando o percentual dos níveis de satisfação relativos à motivação “Validade”. — Fonte: os autores.

De forma geral, os resultados foram bastante positivos, demonstrando que o Projeto Ponto de Partida cumpre sua missão de proporcionar uma forma de aprendizagem diferenciada e desafiadora. Entretanto, alguns aspectos avaliados merecem especial atenção, como aqueles relacionados à confiança, ao desafio e ao divertimento. Espera-se que os alunos sintam-se confiantes o suficiente para realizar o trabalho sem sentir vontade de desistir, mas não confiantes demais a ponto de não saírem de suas zonas de conforto para realizá-lo. Por isso, espera-se um resultado equilibrado para esses pontos, que é o que se observa no resultado de 2018/2. Não foi feita nenhuma avaliação classificando a confiança do aluno como fortemente negativa, o que não seria desejado.

Quanto ao aspecto desafiador do trabalho, percebe-se que as afirmativas no questionário eram relacionadas a um trabalho suficientemente desafiador, não havendo excesso nem falta de desafios. Assim, espera-se que as respostas concentrem-se no espectro positivo. No en-

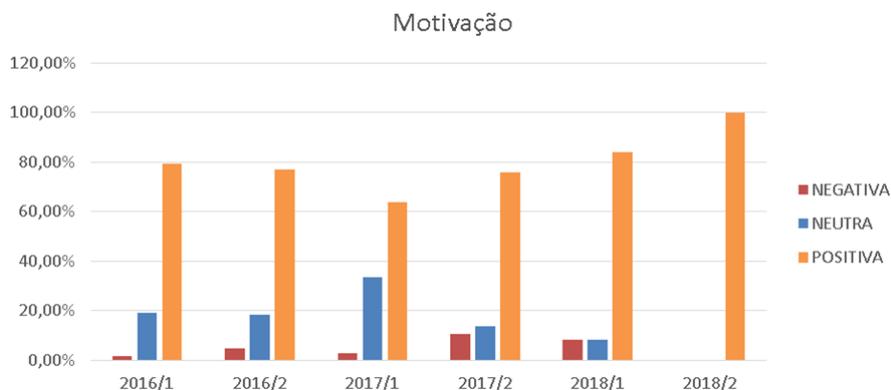
tanto, o que se observa é que estas se apresentam mais distribuídas do que o desejado, do que se conclui que o Projeto deve ser aprimorado no sentido de adequar os desafios propostos às capacidades dos alunos.

Já o aspecto divertimento é aquele cujas respostas apresentam-se de forma mais dispersa, e também é o que apresenta maior percentual de respostas no espectro negativo. Esse ponto representa uma possibilidade de melhoria do projeto, que pode ter influência no desempenho e no aprendizado dos alunos.

Destacam-se os bons desempenhos dos critérios de satisfação, imersão e interação social promovida pela realização da atividade. Além disso, observa-se que todos os aspectos que medem o conhecimento dos alunos após a finalização do projeto tiveram 100 % de suas avaliações dentro do espectro positivo, demonstrando que a disciplina de Rodovias cumpre seu objetivo de ensinar e de preparar os alunos para a atuação como profissionais projetistas.

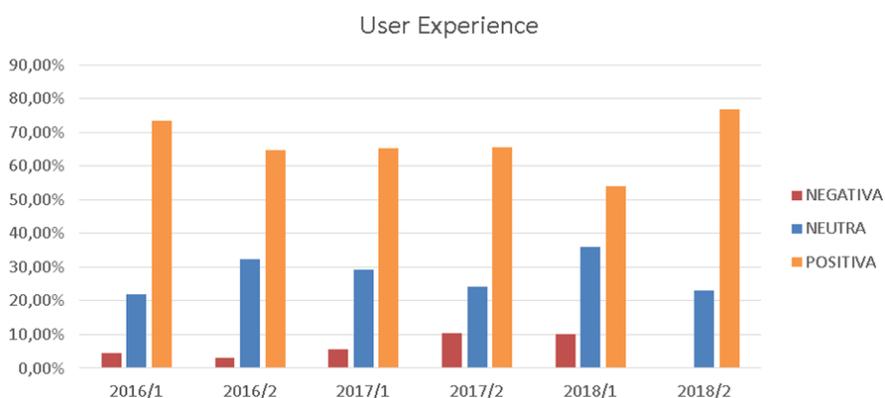
Os gráficos das Figuras 34 a 37 mostram a evolução das avaliações do Projeto ao longo dos anos, desde a sua primeira edição, em 2016.

Figura 34: evolução da satisfação dos alunos sobre “Motivação” entre 2016 e 2018.



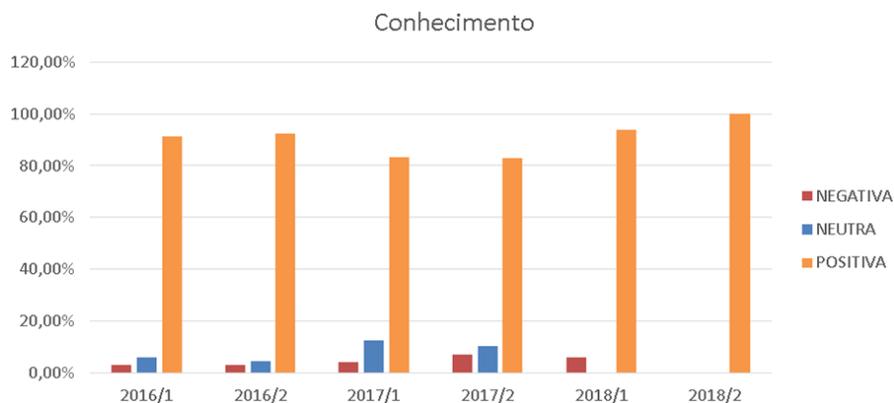
Descrição da Figura 34: gráfico de colunas mostrando a evolução do percentual dos níveis de satisfação relativos à motivação (negativa, neutra e positiva) ao longo dos semestres entre 2016 e 2018. – Fonte: os autores.

Figura 35: evolução da satisfação dos alunos sobre *User experience* entre 2016 e 2018.



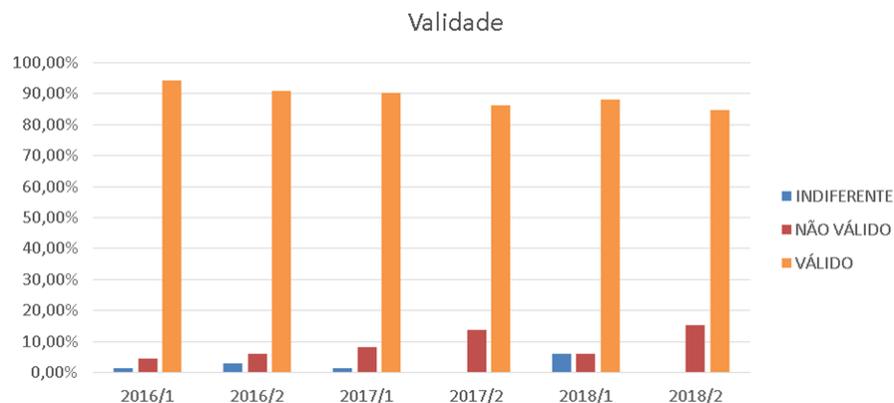
Descrição da Figura 35: gráfico de colunas mostrando a evolução do percentual dos níveis de satisfação relativos a *User Experience* (negativa, neutra e positiva) ao longo dos semestres entre 2016 e 2018. – Fonte: os autores.

Figura 36: evolução da satisfação dos alunos sobre “Conhecimento” entre 2016 e 2018.



Descrição da Figura 36: gráfico de colunas mostrando a evolução do percentual dos níveis de satisfação relativos ao Conhecimento (negativa, neutra e positiva) ao longo dos semestres entre 2016 e 2018. — Fonte: os autores.

Figura 37: evolução da satisfação dos alunos sobre “Validade” entre 2016 e 2018.



Descrição da Figura 37: gráfico de colunas mostrando a evolução do percentual dos níveis de satisfação relativos à Validade (negativa, neutra e positiva) ao longo dos semestres entre 2016 e 2018. — Fonte: os autores.

Ao observar esses dados, percebe-se que, ao longo do tempo, a motivação e o conhecimento adquirido pelos alunos durante a execução do trabalho vêm crescendo a cada edição. Entretanto, a percepção dos alunos quanto à validade da proposta do Projeto vem se tornando cada vez mais negativa ao passar dos anos, o que evidencia que o Projeto Ponto de Partida tem muito a melhorar no formato como a atividade é proposta e como ela se desenvolve.

2.5 SÍNTESE DO CAPÍTULO

O Projeto Ponto de Partida consiste na união de técnicas de ensino-aprendizagem como o *Project Based Learning* (PBL), *Team Based Learning* (TBL) e Jogos Educacionais, e é caracterizado como uma proposta **Lúdico-Real-Didática**, com o objetivo de oferecer ao aluno de graduação da disciplina de rodovias um ambiente que o qualifique segundo as expectativas do mercado para com o profissional de engenharia.

A avaliação dos alunos e equipes é realizada em diversas etapas do projeto, utilizando os procedimentos de avaliação 360 graus e entre pares. A avaliação do projeto de engenharia utiliza indicadores de desempenho, com pesos previamente estabelecidos. Ao longo do semestre, alunos e equipes colaboram e competem nas atividades de projeto e de ARTs.

Um diferencial do projeto é a produção significativa de conteúdo. Relatórios, projetos, apresentações são produzidos pelas equipes e consórcios. Ao término do Projeto Ponto de Partida, os melhores projetos das equipes são reunidos para compor a publicação do semestre. Os

conteúdos produzidos em um semestre são utilizados como referência de qualidade para o semestre seguinte, subsidiando a espiral crescente do ciclo PDCA.

Por fim, o Projeto Ponto de Partida é avaliado pelos personagens chave do processo ensino-aprendizagem: os próprios alunos. A partir de um formulário de Pesquisa de Satisfação, construído segundo o modelo de avaliação de treinamentos (reação) de Kirkpatrick (1994), o modelo ARCS de avaliação da motivação, a avaliação da experiência do usuário pelo modelo UX e a avaliação do conhecimento adquirido pela taxonomia de Bloom, é possível verificar o desempenho da proposta didática a cada semestre.

REFERÊNCIAS

AGRAWAL, A. W.; DILL, J. To be a transportation engineer or not? How civil engineering students choose a specialization. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, v. 2046, 2008.

ASHURI, B.; MOSTAAN, K.; HANNON, D. *How Can Innovative Project Delivery Systems Improve The Overall Efficiency Of GDOT In Transportation Project Delivery?* Georgia Institute of Technology. 2013. DOI:10.13140/2.1.2627.4088.

BARBA-ROMERO, S.; POMEROL, J. C. *Multicriterion Decision in Management: principles and practice*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2000.

BARROWS, H. S. *Problem-Based Learning in Medicine and Beyond: A Brief Overview*. New Directions for Teaching and Learning, 1996. DOI:10.1002/tl.37219966804.

BELHOT, R. V.; FIGUEIREDO, R. S.; MALAVÉ, C. O. O Uso da Simulação no Ensino de Engenharia. In: XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, Porto Alegre: *Anais*, 2001.

- BILL, A., *et al.* Development of knowledge tables and learning outcomes for an introductory course in transportation engineering. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Record*, v. 2211, n. 1, 2011. DOI: 10.3141/2211-04.
- BLOOM, B.S. *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals: Handbook I, cognitive domain*. New York; Toronto: Longmans, Green. 1956.
- BODNAR, C. A.; ANASTASIO, D.; ENSZER, J. A.; BURKEY, D. D. Engineers at Play: Games as Teaching Tools for Undergraduate Engineering Students. Research Review: Games as Teaching Tools in Engineering. *Journal of Engineering Education*, n. 105, 2016. DOI:10.1002/jee.20106.
- BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Assessoria de Cadastro e Licitação – ACL/DG/DNIT. *EDITAL Nº 318/2003-00, Tomada de Preços para Seleção de Empresas de Consultoria para Execução de Projeto*. Processo nº 50600006278/2003-51. Dez/2003. Disponível em: http://www1.dnit.gov.br/anexo/Edital/Edital_edital0318_03-00_0.pdf. Acesso em: 20 jul. 2021.
- CARVALHO, J. M. C. *Logística*. 3 ed. Edições Silabo: Lisboa, 2002. 135 p.
- DALE, E. *The cone of experience*. Audio-Visual Methods in Teaching. New York: Dryden Press, 1946.
- DETERDING, S.; DIXON, D.; KHALED, R.; Nacke, L. *From Game Design Elements to Gamefulness: Defining 'gamification'*. ACM Press, 2011.
- DICHEV, C.; DICHEVA, D. Gamifying Education: What Is Known, What Is Believed and What Remains Uncertain: A Critical Review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, v. 14. 2017. DOI:10.1186/s41239-017-0042-5.
- EGILMEZ, G.; GUMUS, S.; KUCUKVAR, M. Environmental sustainability benchmarking of the U.S. and Canada metropolises: An expert judgment-based multi-criteria decision making approach. *Cities*, v. 42, 2015.
- ENDERS, B. *Gamification, games and learning: What managers and practitioners need to know*. Santa Rosa: The e-learning Guild, 2013.

FINI, E.; MELLAT-PARAST, M. Empirical Analysis of Effect of Project-Based Learning on Student Learning in Transportation Engineering. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, v. 2285, p. 167-72. dez. 2012. DOI:10.3141/2285-19.

GARCÍA, D. S. P.; ALBANO, J. F. Um relato sobre o ensino de estradas na UFRGS. In: SEMANA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E TRANSPORTES. *Anais*. Porto Alegre: FEEng, 2004.

GARRIS, R.; AHLERS, R.; DRISKELL, J. E. Games, Motivation, and Learning: A Research and Practice Model. *Simulation Gaming*, v. 33, n. 4, p. 441-467, 2002.

HAMARI, J.; KOIVISTO, J.; SARSA, H. Does Gamification Work?. A Literature Review of Empirical Studies on Gamification. In: 47th ANNUAL HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES. 2014, Waikoloa. *Anais [...]*. Waikoloa: IEEE Computer Society Press, 2014, p. 3025-3034. DOI: 10.1109/HICSS.2014.377

HANDY, S.; WESTON, L.; SONG, J.; LANE, K. M. D. Education of transportation planning professionals. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, v. 1812, p. 151-160, 2002.

HUANG, A.; LEVINSON D. To Game or Not to Game: Teaching Transportation Planning with Board Games. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, v. 2307, p. 141-149, 2012. DOI:10.3141/2307-15.

KABLAN, M. M. Decision support for energy conservation promotion: analytic hierarchy process approach. *Energy Policy*, v. 32, n. 10, p. 1151-1158, 2004.

KELLER, J. M. Motivational Design of Instruction. In: REIGELUTH, C. M. (ed.) *Instructional Design Theories and Models*. An Overview of their Current Status. New Jersey: Lawrence Earlbaum Associates Hillsdale, 1983.

KELLER, J. M. *Motivational Design for Learning and Performance: The ARCS Model*. Approach. Springer, 2009.

KIRKPATRICK, D. L.; KIRKPATRICK, J. D. *Evaluating Training Programs: The Four Levels*. Oakland: Berrett-Koehler Publishers. 1994.

KIRKPATRICK, D. L.; KIRKPATRICK, J. D. *Implementing the Four Levels*. Oakland: Berrett-Koehler Publishers, 2007.

KRUEGER, R. A.; CASEY, M. A. *Focus Groups: A Practical Guide for Applied Research*. Los Angeles: SAGE Publications, 2014.

LEE, J. J.; HAMMER, J. Gamification in Education: What, How, Why Bother? *Academic Exchange Quarterly*, v. 15, n. 2, 2011.

LIAO, C.; LIU, H.; LEVINSON, D. Simulating Transportation for Realistic Engineering Education and Training: Engaging Undergraduate Students in Transportation Studies. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, v. 2109, p. 12-21, 2009.

LOVE, P. E. D.; EDWARDS, D. J.; IRANI, Z.; SHARIF, A. Participatory Action Research Approach to Public Sector Procurement Selection. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 138, n. 3, p. 311-22, 2012. DOI:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000440.

MASCARENHAS, A. O. *Gestão estratégica de pessoas: evolução, teoria e crítica*. São Paulo: Cengage Learning, 2008, 184 p.

MOLENAAR, K.; NAVARRO, D. Key Performance Indicators in Highway Design and Construction. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, v. 2228, p. 51-58. 2011. DOI:10.3141/2228-07.

MORGAN, D. L. Focus group. *Annual Review of Sociology*, v. 22, p. 129-152, 1996.

NGUYEN, D. Q. The Essential Skills and Attributes of an Engineer: A Comparative Study of Academics, Industry Personnel and Engineering Students. *Global J Eng Edu*, v. 2, n. 1, p. 65-76, 1998.

NOBRE, J. C. S.; LOUBACH, D. S.; CUNHA, A. M.; VIEIRA DIAS, L. A. Aprendizagem Baseada em Projeto (Project-Based Learning – PBL) aplicada a software embarcado e de tempo real. In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO – SBIE, [S.l.]. *Anais [...]*. 2006. p. 258-267. Disponível em: <https://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/486/472>. Acesso em: 9 set. 2021.

NOSAL, K.; SOLECKA, K. Application of AHP method for multi-criteria evaluation of variants of the integration of urban public transport. *Transportation Research Procedia*, v. 3, p. 269-278, 2014.

OZELKAN, E.; GALAMBOSI, A. Lampshade game for teaching lean manufacturing. In: ANNUAL CONFERENCE & EXPOSITION, 2007, Honolulu. *Anais [...]*. Honolulu: American Society for Engineering Education – ASEE. 2007. Disponível em: <https://peer.asee.org/2969>. Acesso em: 9 set. 2021.

PRENSKY, M. *Digital game-based learning*. New York: McGraw-Hill, 2001. 460 p.

ROJTER, J. PBL and Constructivism in Engineering Education. In: 37th ANNUAL SEFI CONFERENCE: Attracting Young People to Engineering, 2009, Rotterdam. *Anais [...]*. Rotterdam: TU Delft, 2009.

RUIZ-PADILLO, A.; RUIZ, D. P.; TORIJA, A.; RAMOS-RIDAO, A. Selection of suitable alternatives to reduce the environmental impact of road traffic noise using a fuzzy multi-criteria decision model. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 61, p. 8-18, 2016.

SAATY, T. L. *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill, 1980.

SAATY, T. L. How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, v. 48, p. 9-26, 1990. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0377221790900571>. Acesso em: 10 set. 2021.

SACKS, R.; ESQUENAZI, A.; GOLDIN, M. Leapcon: Simulation of lean construction of high-rise apartment buildings. *Journal of Construction engineering and management*, v. 133, n. 7, jul. 2007. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/%28ASCE%290733-9364%282007%29133%3A7%28529%29>. Acesso em: 10 set. 2021.

SAVI, R.; ULBRICHT, V. R. Jogos Digitais Educacionais: Benefícios e Desafios. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 6, p. 1-10, 2008.

SCOTT, P. A. Attributes of High-Quality Intensive Courses. *New Directions for Adult and Continuing Education*, n. 97, p. 29-38, 2003. DOI:10.1002/ace.86.

SCHOEMAKER, P. J. H. Scenario Planning: a tool for strategic thinking. *MITSloan Management Review/Winter*, v. 36, n. 2, p. 25-40, 1995.

SUN, H.; ZHANG, Y.; WANG, Y.; LI, L.; SHENG, Y. A social stakeholder support assessment of low-carbon transport policy based on multi-actor multi-criteria analysis: The case of Tianjin. *Transport Policy*, v. 41, 2015.

TAKATALO, J.; HÄKKINEN, J.; KAISTINEN, J.; NYMAN, G. Presence, Involvement, and Flow in Digital Games. In: BERNHAUPT, R. *Evaluating User Experience in Games: Concepts and Methods*. Springer, 2010. p. 23-46. DOI:10.1007/978-1-84882-963-3_3.

THOMAS, J. W. *A Review of Research on Project-Based Learning*. San Rafael: Autodesk Foundation, 2000.

TOURAN, A. Transit Cooperative Research Program, United States, and Transit Development Corporation. In: *A Guidebook for the Evaluation of Project Delivery Methods*. TCRP Report 131. Washington: Transportation Research Board, 2009. DOI: 10.17226/14238

TUROFF, M. The design of a policy Delphi. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 2, p. 149-171, 1970.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. *Human development report 2016: Human Development for Everyone*. 2016. Disponível em: http://hdr.undp.org/sites/default/files/2016_human_development_report.pdf. Acesso em: 13 jul. 2021.

VAN DER HEIJDEN, K. *Cenários, a arte da conversação estratégica*. Porto Alegre: Bookman, 1996. 392 p.

WALASEK, T.A; KUCHARCZYK, Z.; MORAWSKA-WALASEK, D. Assuring quality of an e-learning project through the PDCA approach. *Archives of Materials Science and Engineering*, v. 48, p. 56-61, 2011.

WANKAT, P. C. Integrating the Use of Commercial Simulators into Lecture Courses. *Journal of Engineering Education*, v. 91, n. 1, p. 19-23, 2002.

WENGROWICZ, N.; DORI, Y. J.; DORI, D. Meta-Assessment in a Project-Based Systems Engineering Course. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, v. 42, n. 4, p. 607-24, 2017. DOI:10.1080/02602938.2016.1173648.

WERBACH, K.; HUNTER, D. *For the Win: How game thinking can revolutionize your business*. Wharton Digital Press, 2012.

WERBACH, K. (Re)Defining Gamification: A Process Approach. Persuasive Technology. PERSUASIVE 2014. *Lecture Notes in Computer Science*, v. 8462. Springer, Cham, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-07127-5>.

3

Cátalogo de experiências de ensino/ aprendizagem ativa na Engenharia de Transportes

Com o objetivo de ilustrar a aplicação das técnicas de ensino-aprendizagem ativas e iniciativas inovadoras, que foram apresentadas no Capítulo 1, e para completar as informações de aplicação prática delas que já fo-

ram destacadas no Capítulo 2 sobre a proposta desenvolvida no Projeto Ponto de Partida, neste capítulo serão expostas algumas outras experiências práticas de utilização desta metodologia em disciplinas de graduação relacionadas à área de transportes. Assim, essas experiências formam um conjunto de relatórios que pretende aportar um elenco ou um catálogo de exemplos para inspirar professores a melhorarem suas práticas de ensino-aprendizagem. As experiências foram registradas em várias disciplinas da Universidade Federal de Santa Maria – Campus Cachoeira do Sul, onde é ministrado o curso de Graduação em Engenharia de Transportes e Logística, o primeiro desta categoria a ser ofertado no Estado do Rio Grande do Sul, e um dos poucos cursos no Brasil. O Campus é de caráter eminentemente técnico, pois outros cursos de graduação em Engenharia são ofertados, além do curso de Arquitetura e Urbanismo, o que permite que as atividades relatadas apresentem, em muitas ocasiões, experiências interdisciplinares enriquecedoras, ampliando a visão holística dos alunos, que conseguem vivenciar a atuação profissional dentro de uma equipe formada por técnicos de várias áreas.

As experiências de aplicação apresentam diferentes tipos de técnicas englobadas no conceito de metodologias ativas e evidenciam igualmente dados sobre os recursos utilizados para o desenvolvimento das atividades de aprendizagem ativa descritas, seus resultados e comentários dos participantes (docentes e acadêmicos) referentes a futuras aplicações. Cabe destacar que os relatórios apresentados na sequência retratam experiências ou atividades realizadas em algumas disciplinas profissionalizantes do curso, mas não abrangem todas as disciplinas, de forma que algumas delas foram desenvolvidas ao longo de um semestre

inteiro, outras precisaram de apenas algumas aulas ou exigiram algum tempo extraclasse dos participantes, e outras corresponderam simplesmente a ações pontuais de curta duração. Dessa forma, o leitor poderá escolher a replicação de uma ou outra experiência de acordo com a disponibilidade de tempo, os recursos existentes ou o objetivo a ser alcançado ao final da aplicação.

Os exemplos serão apresentados a seguir, de forma sequencial, através de relatórios com a seguinte estrutura comum:

- identificação da experiência de aplicação da metodologia;
- disciplina em que a experiência foi desenvolvida;
- introdução sobre a disciplina, seus objetivos e conteúdos fundamentais;
- metodologia empregada, destacando a técnica principal utilizada e as técnicas acessórias, se houver;
- recursos utilizados para a realização da experiência;
- desenvolvimento da atividade, com descrição detalhada das etapas, dos passos seguidos e da aplicação direta das metodologias ativas, com apoio de material gráfico;
- resultados obtidos mediante a aplicação da experiência na disciplina de forma geral e no desempenho em particular das atividades trabalhadas com os alunos;
- avaliação dos atores envolvidos — tanto alunos quanto docentes — e dos possíveis problemas identificados durante a experiência;

- conclusões obtidas com a aplicação da atividade e propostas de melhorias ou mudanças, a partir dos resultados relatados.

3.1 SEMINÁRIOS DAS ÁREAS DE ATUAÇÃO DO CURSO

Introdução à Engenharia de Transportes e Logística

Contextualização

Os objetivos da disciplina visam apresentar as principais regulamentações, órgãos e instituições relacionados à atuação profissional em engenharia; conhecer áreas de atuação em Engenharia de Transportes e Logística, seus problemas típicos, atribuições e aplicações; identificar as principais ferramentas e conhecimentos necessários ao desenvolvimento de projetos e para a solução de problemas em cada área de atuação, além de desenvolver noções de como e para que essas ferramentas e conhecimentos são utilizados.

Dessa maneira, buscar discutir com colegas e professores sobre as possíveis áreas de atuação profissional e suas especificidades, no espaço que a disciplina oferece, é um método importante para motivar os alunos desde os seus primeiros passos na vida acadêmica.

Metodologia empregada

Para essa atividade, os alunos da disciplina do 1º semestre foram divididos em grupos e solicitados a apresentar um seminário sobre as áreas de atuação do curso de Engenharia de Transportes e Logística, a partir de tópicos apresentados pelo professor, mas com abordagem livre. Dessa forma, fomenta-se a implementação da técnica da Sala de Aula Invertida nessa primeira aproximação dos alunos com o curso.

Recursos utilizados

Os alunos estiveram livres para usar os recursos que julgassem necessários para o seminário, mas o mais utilizado foi a apresentação por *PowerPoint*. Foram necessários dois encontros na metade do semestre para que todas as apresentações fossem realizadas.

Desenvolvimento da atividade

Inicialmente o docente solicita aos estudantes que se dividam em grupos de 4 pessoas e escolham uma das áreas da Engenharia de Transportes e Logística (transportes, logística, mobilidade urbana, infraestrutura etc.) para fazer um seminário. Nesses seminários, eles tinham que dizer como poderiam empreender nessa área, trabalhar como funcionários públicos ou no setor privado, identificando possíveis problemas ou desafios em seu entorno mais próximo.

Na sequência, as equipes preparavam-se e, nas semanas posteriores, apresentavam à turma as características da área escolhida, com um tempo mínimo e máximo pré-definidos, criando-se um debate depois entre todos os participantes.

Resultados

Com a apresentação, os alunos aumentaram sua posterior participação nas aulas, engajando-se mais na disciplina e não tendo receio de expor suas opiniões para a docente.

Eles ficaram mais comunicativos, principalmente se comparado aos primeiros dias de aula, quando estavam bem tímidos, o que é comum para estudantes dos cursos de Engenharia, os quais acabam focando muito em números, cálculos etc., e não dão a atenção devida para sua parte psicológica, de interação com demais acadêmicos e professores do curso.

Ressalta-se também a importância de já se conhecer as áreas de atuação logo no começo do curso, o que motiva os alunos a buscarem, desde já, as aptidões necessárias para ingressar na área que julgam encaixar-se melhor.

Os alunos também questionavam bastante a atuação do servidor público, fazendo críticas e sentiam-se abertos para ouvir a opinião do docente sobre isso.

Avaliação

A avaliação da atividade é positiva, pois todos os alunos participaram com disposição e se sentiram motivados com os conhecimentos obtidos a respeito das áreas de atuação da Engenharia de Transportes e Logística. Além disso, melhoraram suas habilidades de comunicação e diminuíram o receio de comentar assuntos que impactassem seu desenvolvimento acadêmico.

A atividade também estimulou o pensamento crítico dos alunos, os quais constataram que um engenheiro não tem que ficar só fazendo cálculo, pois ele tem seu lado humano e tem que estimular, baseando-se nesses cálculos, o pensamento crítico: “Será que esse cálculo que eu fiz está correto baseado nas unidades, por exemplo?”.

Conclusões

Nos semestres anteriores, os seminários normalmente eram apresentados ao final da disciplina, como avaliação final. Com essa mudança de agenda para logo no início do semestre, foi verificada uma melhora consistente no desenvolvimento teórico/prático dos alunos, o que torna a atividade ainda mais bem-sucedida.

Dessa maneira, os seminários devem ser repetidos nos próximos semestres já no início da disciplina, mudando os temas para tópicos mais específicos dentro das áreas ou objetivos de pesquisa existentes no curso.

3.2 DESAFIO DO MARSHMALLOW

Introdução à Engenharia de Transportes e Logística

Contextualização

A disciplina de Introdução à Engenharia de Transportes e Logística tem como objetivo apresentar o curso e sua estrutura curricular, bem como os princípios da metodologia científica e tecnológica, da comunicação e expressão na área científica e tecnológica, do projeto do curso e do profissional que atua com mobilidade.

Por ser uma disciplina introdutória ao curso, técnicas que estimulem o engajamento dos alunos através de atividades lúdicas, didáticas e participativas têm grande potencial de aproveitamento.

Metodologia empregada

A atividade realizada é chamada “Desafio do *Marshmallow*”, que se constitui de uma metodologia de trabalho em equipe, mediante a utilização da técnica de *Team-Based Learning*, na qual os participantes são desafiados a construir a mais alta estrutura que consiga suportar em seu topo o peso de um *marshmallow*. Nesse caso, portanto, o emprego da metodologia PBL atende ao “projeto” ou “problema” de construir esta estrutura com os materiais e o tempo fornecidos, mas contando com o aspecto lúdico do próprio desafio.

O desafio ocupa a duração de uma única aula, na qual os alunos desenvolvem totalmente a atividade, sem necessidade de preparação prévia. Os grupos podem ser constituídos no momento ou ser formados previamente (até para outros objetivos diferentes).

Recursos utilizados

Os recursos necessários para a realização da atividade podem ser divididos em dois segmentos:

1) apresentação das regras da atividade: uso de material explicativo sobre a realização do “Desafio do *Marshmallow*”, contendo as regras e recursos disponíveis. No caso desta disciplina, foi feita uma apresentação com uso de *PowerPoint*.

2) realização da atividade: cada grupo recebe um kit contendo 20 fios de espaguete cru (sugestão: utilizar espaguetes Grano Duro), um metro de fita adesiva tipo Crepe, um metro de barbante e um *marshmallow*.

É necessário apenas um período de aula para a realização completa da atividade.

Desenvolvimento da atividade

A atividade é dividida em duas partes, uma prática e outra teórica.

Na parte prática, o docente passa as instruções do “Desafio do *Marshmallow*” aos alunos para a realização da atividade e, logo em sequência, entrega a cada grupo os materiais necessários para construção da torre. A partir desse momento, os grupos têm 18 minutos para construir a estrutura mais alta possível com um *marshmallow* em seu topo.

Entre as instruções, constam:

- A equipe vencedora é aquela que fizer a estrutura mais alta a partir da mesa, com o *marshmallow* no topo. A estrutura não pode estar suspensa em outra estrutura, como uma cadeira, teto ou qualquer outro objeto.
- O *marshmallow* precisa ficar inteiro no topo da estrutura. Cortar ou comer parte do *marshmallow* desclassifica a equipe. Os integrantes podem usar o quanto quiserem do kit: a equipe pode usar menos de 20 espaguete e menos da quantidade de fita adesiva ou do barbante.
- As equipes são livres para quebrar o espaguete e cortar a fita adesiva ou o barbante para criar novas estruturas. O desafio dura exatos 18 minutos. Ao final, a estrutura deve ser estável. As equipes não podem segurar a estrutura quando o tempo acabar. Aqueles que tocarem ou segurarem a estrutura depois de esgotado o tempo serão desclassificados.

Após os 18 minutos, é feita a medição para atribuir o grupo vencedor do desafio.

Na parte teórica da atividade, o docente conduz os alunos, obedecendo a um determinado período de tempo, a criar uma breve redação que descreva a relação da prática recém realizada com as atividades atribuídas aos engenheiros, principalmente no que se refere à resolução de problemas e à gestão de projetos.

Figura 38: diferentes momentos do desenvolvimento do desafio.



Descrição da Figura 38: grupos de 5 a 6 alunos sentados em torno de mesas construindo uma torre com espaguete crus e um *marshmallow* no topo. — Fonte: os autores.

Resultados

Os alunos, a partir da atividade lúdica realizada, adquirem uma experiência a respeito de diversos conceitos que podem ser empregados ao longo de toda a sua vida profissional, tais como: gestão de recursos, tempo, pessoas, técnicas de comunicação e trabalho em equipe.

Avaliação

Pelo fato de o desafio não fornecer nenhuma informação prévia de “como” se construir a estrutura, é possível identificar os diferentes perfis entre os alunos. Existem aqueles que tomam a iniciativa em situações, buscando ideias e alternativas diferentes, ao mesmo tempo que alguns são mais reservados e apenas acatam as decisões tomadas por seus colegas.

Por ser uma atividade “surpresa”, os alunos não necessitam de preparação prévia, assim, todos iniciam a atividade com o mesmo nível de conhecimento, sem vantagens ou desvantagens.

Conclusões

A dinâmica é uma forma dos alunos participarem, se envolverem e reforçarem a visão holística do que o curso oferecerá ao longo dos anos. Os conceitos de gestão de projetos são reforçados com uma atividade interativa e que demanda participação (mesmo que em níveis diferentes) de todos os integrantes do grupo.

A própria graduação em si é um projeto, onde existe um início, um meio e um fim, e nesse período os alunos precisam lidar com os desafios que aparecem em cada etapa.

Um ponto a se ressaltar é que, na disciplina, que é a primeira em que essa metodologia acontece e é onde os alunos se aproximam das áreas específicas do curso, ainda no primeiro semestre, os colegas conversam pouco e, após a realização da atividade, “quebra-se um pouco desse gelo” e eles interagem mais.

3.3 EDITAL DE LICITAÇÃO PARA DESENHO DE PROJETO DE ENGENHARIA

Desenho Técnico

Contextualização

Como objetivo da disciplina, tem-se: possuir conhecimentos de percepção, de expressão e de comunicação por meio de diferentes técnicas de representação gráfica de elementos na escala como linguagem técnica de comunicação, à mão livre e com o auxílio de instrumentos mecânicos e de preceitos de recomendação de normas técnicas.

Dessa maneira, colocar em prática os conceitos e técnicas necessários para o desempenho de funções básicas de desenho é primordial para o sucesso acadêmico do estudante, bem como para sua futura atuação profissional na área de engenharia.

Metodologia empregada

Para essa atividade, uma simulação de cenário real foi utilizada, adotando-se um edital de licitação para a contratação de empresa para elaborar o Desenho Técnico de um Projeto de Engenharia, neste caso, de um prédio a ser edificado na cidade onde encontra-se localizado o Campus da Universidade.

A atividade foi realizada em grupos, mediante a técnica do *Team-Based Learning*, e contou com momentos fora da sala de aula, com aspectos lúdicos, assim como a colaboração de profissionais externos à Universidade.

Recursos utilizados

As atividades foram realizadas em um dos ateliês do Campus, contando com mesas de desenho e régua paralelas.

Para a realização da atividade, foram utilizados materiais dos próprios alunos para confecção dos desenhos, como lapiseiras, escalímetro e esquadros.

Inclusive, é reforçada logo no início do semestre a importância de se adquirir materiais técnicos profissionais de desenho, pois são feitos especificamente para isso e sua duração é prolongada em comparação a itens comuns de desenho. Pelo fato de serem objetos mais caros, bolsas de auxílio são disponibilizadas aos alunos que mais necessitam, permitindo que todos tenham acesso a materiais de qualidade.

As diferentes etapas da atividade abrangem toda a disciplina e precisam de uma preparação específica prévia ao seu início por parte do docente em relação ao edital e definição dos objetivos a serem buscados.

Desenvolvimento da atividade

Os alunos simulavam que faziam parte de um escritório real de engenharia e arquitetura, onde os exercícios da disciplina foram inseridos em um edital, com a finalidade de se desenvolver o desenho técnico do projeto.

A disciplina foi dividida em três partes. Num primeiro momento, os exercícios solicitados aos alunos eram introdutórios ao conteúdo e com nível básico de dificuldade, criando-se um portfólio para cada aluno, visto que foram os primeiros desenhos técnicos realizados em sua vida acadêmica. Nesta etapa, em uma das aulas, houve a participação de profissionais atuando na área de projeto, em uma roda de conversa visando a aproximação da realidade de trabalho na rotina do escritório e na tramitação dos projetos nos órgãos públicos. Também nesta etapa é realizada uma atividade fora de sala de aula, na qual os alunos fazem o pré-dimensionamento de ambientes em escala real, fazendo uso de fita adesiva para representar o desenho sobre o piso.

Em seguida, os alunos corrigem anonimamente os trabalhos de seus colegas, o que os permite identificar com mais clareza e rapidez os erros e acertos cometidos. O professor, então, dá nota para o desenho do aluno e também para a correção feita por seu colega.

Na próxima etapa, os alunos, já possuindo habilidades mínimas de desenho, desenvolvem um conjunto completo de desenhos técnicos (planta de situação, planta de localização e cobertura, plantas baixas, corte e fachadas). Essa etapa envolve a metade do cronograma do semestre, proporcionando que a atividade seja executada de acordo com todas as exigências estabelecidas pelas Normas Técnicas de Desenho Técnico.

Ao final da atividade, foi solicitado aos alunos que respondessem um questionário contendo questões descritivas a respeito da disciplina e sobre a metodologia aplicada.

Figura 39: roda de conversa com profissionais.



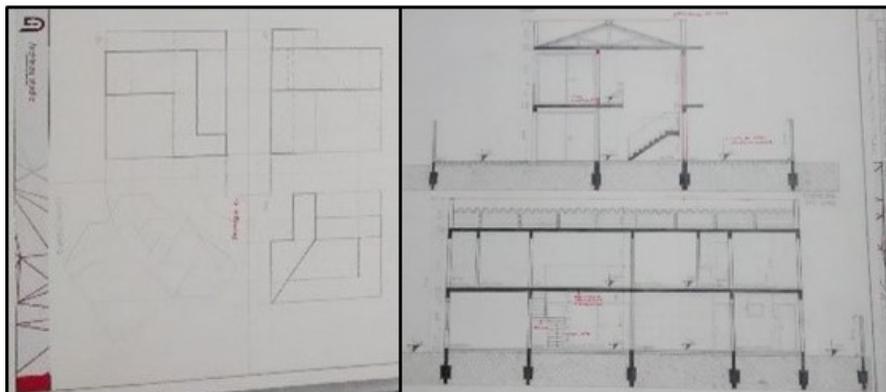
Descrição da Figura 39: alunos reunidos em torno de uma grande mesa revisando documentos impressos e conversando. — Fonte: os autores.

Figura 40: atividade prática de pré-dimensionamento de ambientes em escala real.



Descrição da Figura 40: grupo de alunos reunidos em um pátio externo onde marcações simulando uma planta de uma edificação foram realizadas no chão. — Fonte: os autores.

Figura 41: diversos documentos produzidos nas diferentes etapas do edital.



Descrição da Figura 41: pranchas desenhadas com vistas geométricas de peças e edificações realizadas pelos alunos. — Fonte: os autores.

Resultados

Notou-se uma grande evolução na assimilação de conteúdo por parte dos alunos, visto que eles chegavam à universidade com um nível básico ou nulo de informações sobre desenhos técnicos e, ao final da disciplina, conseguiram aplicar com bastante desenvoltura conceitos e práticas ensinados ao longo do semestre.

O contato com profissionais externos e a simulação de um edital real, em ambientes reais, motiva os alunos a organizarem-se como verdadeiros integrantes de um escritório de projeto.

Avaliação

A correção anônima de trabalhos dos colegas é vista como um momento importante para se desenvolver análises mais criteriosas, visto que dar uma nota maior ou menor do que a necessária para o trabalho do colega também implica penalizações para o aluno-avaliador.

De acordo com as respostas dos alunos no final do questionário, a metodologia foi aprovada por grande parte da turma, ainda que ela não tenha sido 100 % aproveitada ao longo de todo o semestre. Isso se deve ao fato de os diálogos a respeito do edital que foi simulado terem sido muito espaçados, isto é, não houve um enfoque semanal desse ponto durante as aulas, o que acabou tornando o método confuso para alguns alunos, fazendo com que nem todos se sentissem como profissionais participantes de um edital de licitação.

Devido ao tempo escasso no final do semestre, também não foi possível fazer uma divulgação oficial dos melhores trabalhos e elaborar uma premiação, o que poderia resgatar as ideias do edital e reforçar os conceitos.

Tais fatores deverão ser melhorados nas próximas vezes em que a disciplina for ministrada utilizando-se a mesma metodologia.

Conclusões

Por ser uma disciplina muito técnica ofertada logo no 1º semestre do curso, a tentativa de empreender uma característica mais lúdica foi bem aceita.

A metodologia vinculada ao PBL também pretende ser aplicada na disciplina de Desenho Digital Aplicado à Engenharia, que é ministrada no semestre seguinte.

3.4 COMPETIÇÃO DE CATAPULTAS MEDIEVAIS

Mecânica Geral Estática

Contextualização

A disciplina tem como objetivo determinar os esforços solicitantes em partículas e corpos e calcular as propriedades geométricas de seções.

Nesse sentido, conhecer e utilizar na prática as principais teorias matemáticas torna-se essencial para um bom desenvolvimento acadêmico do aluno, o que afetará positivamente seu futuro profissional.

Metodologia empregada

A metodologia utilizada baseia-se em trabalho em equipe (TBL), em uma atividade prática que acontece fora do horário de aula, a qual consiste em montar uma catapulta que lance um projétil a maior distância possível. Para isso, os alunos devem realizar o projeto dentro das normas indicadas no edital que é divulgado previamente para a competição, que envolve igualmente o aspecto lúdico.

A atividade não é voltada apenas aos alunos matriculados na disciplina relacionada: o edital permite inscrições de equipes de até 7 pessoas, as quais devem conter alunos de pelo menos 3 (três) cursos diferentes. As disciplinas equivalentes para alunos de outros cursos são informadas no edital.

Recursos utilizados

Para a montagem da catapulta, as próprias equipes devem ir atrás do material necessário. Os professores orientam a busca de materiais que já estão disponíveis em suas residências ou ao seu alcance, estimulando a sustentabilidade e a reutilização de recursos, dispensando a compra de itens novos somente para essa atividade.

O limite máximo de tamanho para o projeto de catapulta medieval é de 1,5 m de altura, 1,5 metros de comprimento e 1,5 m de largura.

O tempo necessário para a elaboração dos projetos e a construção da catapulta corresponde a um período de trabalho extraclasse e, para a execução da atividade, além de outras possíveis atividades de auxílio às equipes, são necessárias duas aulas.

Desenvolvimento da atividade

A Competição baseia-se na construção de uma catapulta pelas equipes participantes. Durante a competição, o objetivo é lançar um projétil (bola de tênis) a maior distância possível. Para isso, as equipes precisam utilizar teorias matemáticas para projetar e construir a catapulta, dentro das especificações estabelecidas no regulamento da competição.

A atividade apresenta duas partes diferenciadas:

Na primeira parte, após os professores lançarem o edital com as instruções, os alunos precisam realizar uma apresentação sobre os tipos de catapultas, história, sua aplicação etc., escrevendo um relatório informativo do modelo escolhido para montagem e esclarecendo se o projeto já foi feito, testado, filmado etc. Esse projeto é apresentado para uma banca de professores.

Posteriormente, na parte final, ocorre o teste das catapultas. A competição é realizada no próprio Campus da UFSM, nas instalações exteriores.

Figura 42: diferentes momentos do desenvolvimento da competição.



Descrição da Figura 42: grupos de alunos reunidos em ambiente externo enquanto realizam os testes de lançamento com os protótipos de catapultas desenvolvidos. — Fonte: os autores.

Resultados

Ao longo da atividade, percebeu-se que vários alunos melhoraram seu desempenho. Porém, vários deles não se sentiram entusiasmados com a ideia de montar uma catapulta e apenas fizeram a parte básica do projeto, sem demonstrar maior interesse. Na atividade, também foi possível identificar quais são os alunos com potencial para tornarem-se líderes e/ou destaques no âmbito acadêmico e profissional.

Com esse projeto, os alunos puderam colocar em prática uma parcela dos conhecimentos que obtiveram em sala de aula, assim como conceitos iniciais de Física e Cálculo, melhorando seu desempenho nas disciplinas.

Um dos alunos, inclusive, buscou orientações de professores de Física para melhorar a catapulta de sua equipe, o que foi considerada uma atitude proativa. A catapulta vencedora lançou o projétil a uma distância de 39 metros.

Avaliação

Pelo fato de os cursos de engenharia serem extremamente teóricos no início, atividades práticas como a desenvolvida nesta disciplina são muito bem-vindas, estimulando o engajamento dos estudantes e maior dedicação destes aos estudos.

Um dos grupos tentou montar uma catapulta *trebuchet*. Porém, o resultado não foi satisfatório porque o grupo não conseguiu realizar a montagem perfeita do mecanismo de soltura da corda de forma que ele liberasse a corda no momento exato.

Quanto às equipes, o número de integrantes em cada uma vem sendo adaptado conforme o ingresso dos estudantes nas disciplinas. Para garantir que haja equipes suficientes, os responsáveis pelo projeto contam com a colaboração da Secretaria do Campus de Cachoeira do Sul para a divulgação da competição.

Para futuras edições, existe a proposta de se levar a Competição de Catapultas Medievais para fora da universidade e abranger diversas escolas da cidade de Cachoeira do Sul, adaptando o projeto de ensino para (tam-

bém) um projeto de extensão, divulgando, assim, a UFSM e oferecendo a diversas pessoas a oportunidade de conhecer as atividades desenvolvidas pela universidade, o que pode contribuir para o aumento do índice de ocupação das vagas disponibilizadas para participações no projeto.

Para outras atividades que envolvam a metodologia PBL, é interessante que se faça um planejamento adequado, pois muitas delas custam um tempo considerável para serem elaboradas, e a atenção dos estudantes pode se dispersar ao longo desse período, afetando os resultados e avaliações finais.

Conclusões

A atividade desenvolve o pensamento crítico dos alunos ao imaginarem como era feita a montagem de uma catapulta durante as guerras medievais, centos de anos atrás, sem os conhecimentos e materiais de consulta existentes nos dias atuais, ressaltando a importância dos engenheiros bélicos daquela época, precursores dos atuais engenheiros civis e que eram extremamente requisitados quando competentes, como eram os casos de Leonardo Da Vinci, Filippo Brunelleschi, entre outros.

Além de conceitos iniciais, a atividade também estimula os alunos a buscarem conteúdos de semestres mais avançados, o que pode influenciar positivamente seu desempenho em disciplinas futuras. Assim, os acadêmicos podem melhorar sua qualidade de estudo e buscar sempre mais conhecimentos, o que pode contribuir para o êxito na graduação e também para o mercado de trabalho.

A decisão de levar a competição para fora da sala de aula foi muito bem-vista entre os participantes. As próximas edições da Competição devem ser realizadas mantendo-se os moldes do edital vigente.

3.5 PROPOSTA DE MODO DE TRANSPORTE PARA A CIDADE

Introdução aos Sistemas de Transporte

Contextualização

Como objetivos da disciplina, tem-se: conhecer os sistemas de transportes em suas diversas modalidades; identificar as características e peculiaridades de cada modalidade de transporte e sua associação com os sistemas de transportes; identificar e avaliar os principais aspectos técnicos e econômicos dos sistemas de transportes; e conhecer os aspectos de coordenação de transportes e as características da multimodalidade e a intermodalidade.

Apesar de ser uma disciplina de caráter teórico, atividades lúdicas e participativas engajam os alunos na busca por informações para se conhecer os diferentes sistemas de transportes. A fixação do conteúdo dá-se de uma maneira mais satisfatória, auxiliando no desenvolvimento do aluno e de sua vida acadêmica.

Metodologia empregada

A metodologia de trabalho baseia-se em trabalho em equipe (TBL), na qual é simulado que cada grupo representa uma empresa convidada a apresentar uma Proposta de Manifestação de Interesse (PMI) para realização de uma melhoria na mobilidade da cidade, concretamente Cachoeira do Sul, onde localiza-se o Campus da Universidade. Os grupos têm conhecimento do recurso a ser disponibilizado e devem propor a melhor utilização deste recurso.

O desafio para o projeto, portanto, é apresentado aos alunos desde o primeiro momento da sua concepção, ou seja, na fase de planejamento estratégico. Além disso, o projeto deve ser implementado no seu entorno mais próximo, a própria cidade onde se localiza o Campus, o que ajuda no envolvimento dos alunos.

Recursos utilizados

O docente utiliza-se de apresentações em *PowerPoint* para explicar a proposta do trabalho e, após, os alunos ficam livres para utilizar os recursos que julgarem necessários para que as apresentações sejam feitas.

De acordo com o número de equipes, um ou dois períodos de aula podem ser necessários, além da apresentação prévia da atividade. O resto do tempo para realização do projeto é extraclasse, ficando sua organização a critério dos integrantes de cada equipe.

Desenvolvimento da atividade

Para a realização da atividade, é simulado que a prefeitura de Cachoeira do Sul teve acesso a recursos federais para desenvolvimento de um grande projeto na área de transportes. Os grupos foram separados por modo de transporte: ônibus, bicicleta / a pé, e VLT. Cada grupo precisava se apresentar como empresa, caracterizando o modo com o qual estavam trabalhando, um diagnóstico de Cachoeira do Sul para aquele transporte e, finalmente, uma proposta de como utilizar o recurso disponível.

Esse trabalho foi dividido em duas etapas, em que a primeira consiste de uma entrega na metade do semestre, na qual cada grupo deveria apresentar em um documento de texto (*Word*): as características da empresa, breve revisão teórica sobre o sistema de transporte escolhido e um diagnóstico sobre a utilização do sistema de transporte em Cachoeira do Sul.

A segunda parte consiste na apresentação do conteúdo já esboçado na primeira entrega, acrescido da proposta de utilização do recurso disponibilizado. Nesta etapa, foram entregues um relatório da atividade em documento de texto (*Word*) e uma apresentação visual (*PowerPoint*), que foi realizada em aula.

Resultados

Percebeu-se que os alunos que mais se envolveram com a proposta do trabalho foram aqueles que tiveram melhor desempenho nas apresentações.

Com a realização da atividade, os alunos em cada equipe puderam estudar diretamente sobre o modo de transporte selecionado para eles, entrar em contato diretamente com a realidade da aplicação do projeto na cidade e desenvolver propostas próximas a um cenário real. A liberdade fornecida para as apresentações permitiu que cada equipe desenvolvesse diferentes técnicas de apresentação, como *PowerPoint*, vídeos, reportagens fotográficas etc.

Avaliação

Alguns grupos não se dedicaram muito à realização do trabalho, o que certamente atrapalhou no resultado final do projeto a ser apresentado.

Existem diversas maneiras de se trabalhar os conceitos iniciais de modos de transporte, cuja metodologia pode variar conforme a disponibilidade de tempo e dedicação de cada professor e seus alunos.

Conclusões

A atividade é considerada satisfatória, visto que os alunos aprendem características importantes de cada modo de transporte e, ao mesmo tempo, conhecem mais da região onde moram e viverão pelos próximos anos, buscando-se ideias que impactem positivamente a vida dos cidadãos.

O proposto também estimula ideias de empreendedorismo e *networking* entre os alunos, os quais certamente lidarão com muitas empresas e propostas diferentes caso atuem no âmbito público após a graduação.

3.6 COMPETIÇÃO DE PONTES DE ESPAGUETE

Mecânica dos Materiais

Contextualização

A disciplina tem por objetivo introduzir os primeiros conceitos básicos, fundamentais ao cálculo estrutural, por meio do estudo das solicitações, suas tensões e respectivas deformações e estados de tensão.

Dessa maneira, ao serem desafiados com atividades práticas, os estudantes podem identificar como uma estrutura funciona ao sofrer ações de diferentes tipos de força, aumentando seu conhecimento para posterior uso no mercado de trabalho.

Metodologia empregada

A metodologia utilizada baseia-se em trabalho em equipe (TBL), em uma atividade prática fora do horário de aula, a qual consiste em realizar o projeto e montar uma ponte que suporte a maior quantidade possível de carga nas especificações contidas no edital.

Inicialmente a atividade é voltada aos alunos matriculados na disciplina de Mecânica Geral Estática (ou equivalentes, pois é possível que integrantes de outros cursos do Campus participem das equipes), mas quem já fez a disciplina também é convidado a participar. Os grupos devem ter pelo menos 1 (um) integrante que se encaixe nos quesitos acima.

Recursos utilizados

As próprias equipes devem ir atrás do material necessário para a montagem da ponte, sendo que esta não pode ultrapassar o peso de 750 g e as medidas de 110 cm de comprimento, 50 cm de altura e 20 cm de largura.

Os principais materiais são: espaguete número 7 e cola epóxi do tipo massa ou resina, podendo ser utilizada cola quente para unir as barras dos nós.

Se necessário, os alunos podem consultar *softwares* gratuitos disponibilizados pela instituição para a realização dos cálculos necessários à modelagem da ponte.

O tempo de realização da atividade é o equivalente a um período de aula para a competição, além do tempo em aula necessário para apresentação da atividade e auxílio aos alunos. O resto do tempo é extraclasse.

Desenvolvimento da atividade

Para a realização da atividade, inicialmente é lançado um edital contendo todas as informações necessárias para a montagem da ponte.

As equipes, divididas em grupos de até 4 pessoas, realizam a inscrição e precisam montar a ponte fora do horário de aula. No dia da competição, a ponte precisa estar montada em uma única parte e preparada para suportar o maior volume de carga possível, definindo-se, assim, a equipe vencedora.

Ao final, cada equipe é solicitada a escrever um relatório final sobre a competição e os resultados obtidos, especificando o tipo de estrutura escolhida e uma estimativa da carga de colapso.

Figura 43: diferentes momentos do desenvolvimento da competição e premiação das equipes.



Descrição da Figura 43: grupos de alunos reunidos para apresentação e teste dos seus protótipos de pontes de espaguete. – Fonte: os autores.

Resultados

Como ponto positivo a ressaltar, notou-se uma maior facilidade dos alunos na realização de cálculos manuais após a participação na atividade, visto que eles puderam ver na prática o quanto cada detalhe importava no resultado final, otimizando-se ao máximo os recursos utilizados e facilitando a compreensão do conteúdo.

Avaliação

A participação na competição tem ajudado os alunos a fixar os conceitos apresentados em sala de aula. Apesar disso, alguns alunos participam somente no último momento da atividade, sem dedicação e planejamento prévio. Isso reflete-se no resultado final, em que é percebido que as melhores pontes são montadas por aquelas equipes que se preparam com antecedência e que, inclusive, escrevem um relatório mais consistente ao final da competição.

A própria montagem da ponte incentiva os alunos a utilizarem para a atividade os *softwares* disponíveis, os mesmos que serão usados em sua vida profissional após a graduação.

Por não ser uma atividade restrita ao curso de Engenharia de Transportes e Logística, a interação entre os alunos de diversos cursos é vista como satisfatória, aumentando sua integração com as diferentes áreas de estudo do Campus de Cachoeira do Sul.

Conclusões

Desde sua implantação, a atividade é considerada bem-sucedida no Campus de Cachoeira do Sul, pois aumenta a interação entre os alunos, estimula a procura por *softwares* específicos e ajuda na fixação do conteúdo estudado em sala de aula.

Espera-se a organização de futuras edições da Competição nos próximos semestres, fomentando a participação de mais alunos, de todos os cursos do Campus, com possibilidade de uma premiação aos vencedores, além de incentivos na avaliação da disciplina e créditos complementares de graduação.

3.7 ANÁLISE DO TRÁFEGO DE UMA INTERSEÇÃO URBANA

Engenharia de Tráfego I

Contextualização

Os objetivos da disciplina são os seguintes: conhecer os fundamentos que possibilitam o estudo das relações entre a via, os veículos, os condutores, os pedestres e o meio ambiente no meio urbano e rural; descrever as características fundamentais do tráfego e as relações entre elas, assim como as técnicas de coleta de dados; e analisar a capacidade e nível de serviço das vias.

Com isso em mente, é essencial que os alunos visualizem, na prática, como funciona o deslocamento de veículos e de pessoas no ambiente urbano e, para isso, incentiva-se que eles tenham uma aproximação da realidade local, concretamente do trânsito da cidade de Cachoeira do Sul, onde poderão sugerir melhorias que ajudarão na resolução de problemas e gargalos existentes na mobilidade urbana.

Metodologia empregada

A metodologia da atividade consiste em trabalho em equipe fora da sala de aula, onde cada grupo deve realizar contagens de tráfego e medição de velocidades numa interseção da cidade em horários de pico diferentes. Com a obtenção de dados e dos conceitos adquiridos na disciplina, os grupos elaboram um relatório de diagnóstico da interseção estudada e de propostas para sua melhoria. Os alunos dividem-se em equipes de aproximadamente 5 (cinco) pessoas em cada uma.

A cada semestre é escolhida uma interseção diferente, podendo ser de vias de mão dupla ou de mão simples, dependendo do número de grupos. A seleção da interseção pode ocorrer a partir de critérios de conhecimento de existência de problemas de mobilidade. Para isso, conta-se com a colaboração da Prefeitura Municipal, que propõe suas necessidades de estudo e, após a realização da atividade, pode receber os resultados e propostas obtidos com os trabalhos.

Cada equipe deve possuir um líder, o qual deve comandar os trabalhos e ser responsável pelo material e pela organização das atividades. Após as análises, cada equipe expõe seus resultados em sala de aula

para o professor e os outros grupos, com o objetivo de apresentar suas propostas como as mais adequadas, fomentando, assim, uma discussão entre todos os participantes.

Recursos utilizados

Para a realização da atividade são utilizadas pranchetas, folhas A4 (com preparação de planilhas para a contagem) e canetas para a escrita das medições, além de contadores manuais de volume de tráfego e cronômetros. Os participantes também contam com coletes de segurança e ferramentas de medição de distância, como medidores laser e trenas. Se optarem pelo uso de contadores automáticos de tráfego ou câmeras de vídeo, estes dispositivos podem ser utilizados para comprovar as contagens manuais e, da mesma forma, se optarem por medidores digitais de velocidade (tipo radar), pode-se comprovar as medições de velocidade.

Para as análises dos dados e a elaboração dos relatórios precisa-se de computadores com *softwares* de processamento de texto e planilhas de cálculo. Para as apresentações em sala de aula são necessários *Datashow* e quadro branco.

Além das aulas de exposição de conteúdos teóricos, são necessários três encontros fora de sala de aula, pelo menos dois em sala de aula para auxílio na elaboração dos trabalhos, e um encontro final para apresentação e discussão dos relatórios.

Desenvolvimento da atividade

Nessa disciplina, são realizados três encontros ao longo do semestre em ruas pré-determinadas, além de serem feitas explicações prévias em sala de aula sobre os conceitos necessários de Engenharia de Tráfego e para o treinamento dos participantes das contagens.

No primeiro encontro fora de sala de aula, a turma visita o local de pesquisa para tomar as medidas físicas da interseção e captar todos os elementos da infraestrutura urbana que a caracterizam. Além disso, é feita uma observação do entorno do local para que sejam visualizadas medidas de engenharia de tráfego que já são implementadas na cidade. Os líderes e participantes podem tirar dúvidas com o professor sobre a metodologia de contagem e organização das atividades.

No segundo encontro, é feita uma contagem classificatória com movimentos de virada dos veículos (de 5 em 5 minutos se a interseção não for semaforizada, ou para cada ciclo semafórico se a interseção contar com sinalização luminosa). Os veículos são diferenciados entre leves, caminhões, ônibus, motocicletas e bicicletas, para cada um dos movimentos possíveis nos ramos da interseção, além de ser feita a contagem de pedestres que realizam as possíveis travessias no cruzamento. Os grupos são organizados por horários, tentando abranger o máximo de horas de medição da interseção, dependendo do número de equipes (pelo menos se recomenda que sejam atendidos os horários entre 7h e 19h, por vários dias na semana, entre dias úteis e finais de semana; se o número de grupos for reduzido, eles podem focar em apenas um dia útil, pelo menos nos horários de pico, manhã,

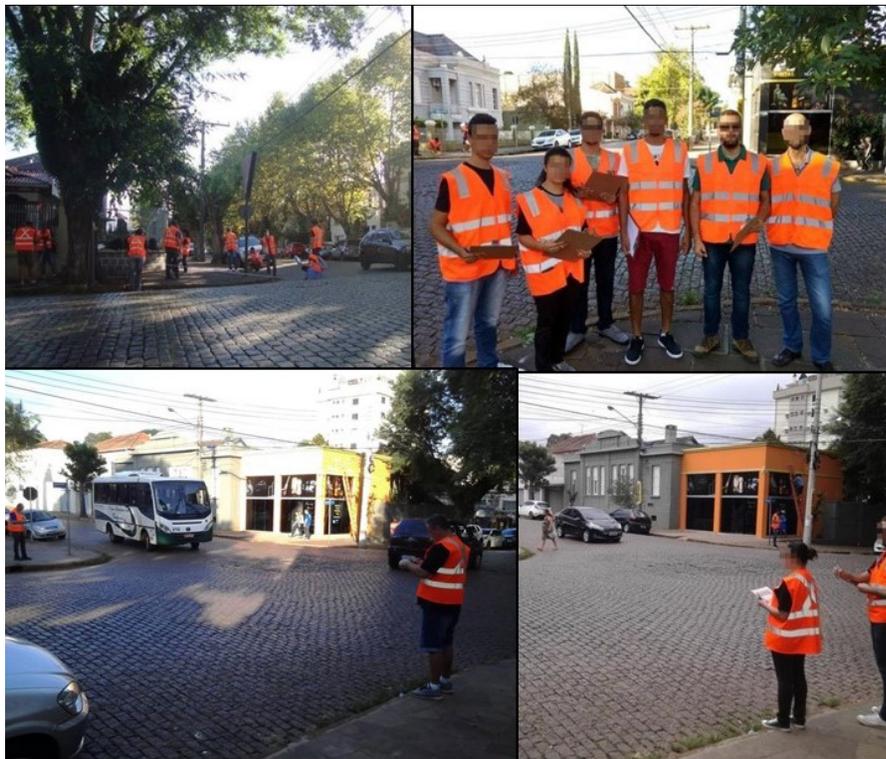
meio-dia e/ou tarde). O conjunto de equipes deve identificar a hora (ou horas) de pico do período analisado, e encontrar os valores de volume horário em unidades equivalentes de carros de passeio.

No terceiro dia, exatamente nos horários de pico identificados, é feita uma medição manual de velocidade dos veículos que entram na interseção (ou saem dela) mediante o método das bases longas, que consiste em medir o tempo empregado pelos veículos em transpor uma distância de 50 m. As medições são realizadas para amostras representativas do fluxo de tráfego de acordo com as contagens classificatórias realizadas. Com esses dados, cada equipe elabora uma análise estatística das velocidades coletadas, com apresentação gráfica delas.

Após a coleta de dados, cada grupo precisa desenvolver um diagnóstico dos problemas existentes na interseção e propor melhorias.

Os resultados desse estudo são apresentados em formato de relatório escrito e de forma oral, ao final da disciplina, em um último encontro em sala de aula onde é gerado um debate entre as equipes sobre o trabalho realizado.

Figura 44: aulas práticas para medição e contagem do tráfego da interseção.



Descrição da Figura 44: alunos equipados com coletes de segurança, posicionados ao longo de uma esquina para realizar contagem de tráfego em uma interseção. — Fonte: os autores.

Resultados

Os estudantes afirmaram que a atividade os ajudou a fixar conhecimentos, inclusive reforçando que, já que o trabalho é realizado ao longo da disciplina, com os encontros e apresentações antes das provas da disciplina, eles conseguem ter um melhor desempenho nas avaliações.

O debate gerado no final da disciplina é enriquecedor para todos os alunos, visto que são discutidos os problemas principais encontrados naquela interseção e que eles podem variar conforme o horário de pico estudado.

Da mesma forma, o fato de os participantes estudarem casos reais e saberem que seu trabalho pode ser de utilidade para a Prefeitura e, portanto, para toda a população, motiva seu envolvimento na atividade. Além disso, o incentivo à liderança por parte de alguns dos alunos (normalmente decidido entre eles mesmos ou até com revezamento nos horários de contagem) apresenta a oportunidade de atuarem como futuros engenheiros em situações reais.

Os resultados gerados pelos estudos contribuem para a criação de uma base de dados sobre as diferentes interseções da cidade, que podem vir a ser origem de outros estudos, como simulações de tráfego ou de análises de segurança viária.

Avaliação

A atividade é satisfatória, visto que os alunos buscam encontrar e solucionar problemas que poderiam ajudar na mobilidade urbana da cidade de Cachoeira do Sul.

Os resultados apresentados nos trabalhos foram considerados muito bons e com uma análise criteriosa dos pontos estudados. A possibilidade de comparar dados entre diferentes horários de pico contribuiu positivamente para as discussões e os resultados finais.

Pelo fato de a universidade ainda não disponibilizar de contadores automáticos de velocidade, os alunos precisam usar conceitos da Física para fazer os cálculos. Porém, os alunos relatam a exigência de muito tempo extraclasse para realização das atividades de medição e contagem, assim como para a elaboração dos relatórios. Igualmente, a necessidade de envolvimento de muitas pessoas nessas atividades supõe um desafio para as equipes, fundamentalmente para os líderes (assim como para o docente, pelo fato de ser recomendada a presença de um monitor ou de monitores de apoio na disciplina).

Conclusões

A realização desse tipo de atividade fora de sala de aula, em locais movimentados da cidade, que contempla um tema que afeta muitas pessoas, permite fornecer grande visibilidade ao curso em particular e à Universidade em geral, assim como gerar reconhecimento por parte da comunidade e do Poder Público. Da mesma forma, abre porta a possíveis trabalhos de consultoria ou de parceria com outras instituições, com sugestões de melhoria de baixo custo que solucionem algum problema encontrado nas interseções estudadas.

Estas características da atividade permitem também que outros alunos, até de semestres anteriores à disciplina ou de outros cursos, queiram participar como voluntários nas contagens e medições, de forma que os conhecimentos ficam ainda mais espalhados entre a comunidade acadêmica.

A metodologia será aplicada novamente nos próximos semestres, em interseções diferentes.

3.8 AUDITORIA DE SINALIZAÇÃO VIÁRIA

Engenharia de Tráfego II

Contextualização

A disciplina tem como objetivos específicos, entre outros, conhecer os tipos e características dos dispositivos de controle de tráfego e as interseções rodoviárias, assim como das áreas de estacionamento urbanas, tudo isso relacionado a aspectos de segurança viária.

Dessa maneira, é essencial que os estudos possam ter a oportunidade de visualizar, *in loco*, as diversas características que envolvem o tráfego viário, bem como sua sinalização, o que reforçará os conceitos aprendidos em sala de aula.

Metodologia empregada

A metodologia consiste em trabalho em equipe e em uma atividade prática fora de sala de aula, as quais consistem em uma auditoria de sinalização viária de uma determinada área da cidade ou trecho de rodovia. Os resultados são apresentados pelos alunos em forma de relatório e mediante apresentação aplicando o método da Sala de Aula Invertida para o professor e os outros grupos.

Recursos utilizados

Para a realização da atividade nas visitas ao local de estudo são utilizadas pranchetas, folhas A4 e canetas, assim como coletes de segurança para identificação dos estudantes. Previamente, os alunos recebem as aulas necessárias sobre os conceitos de sinalização viária, dispositivos de controle de tráfego e projeto de interseções urbanas e rodoviárias.

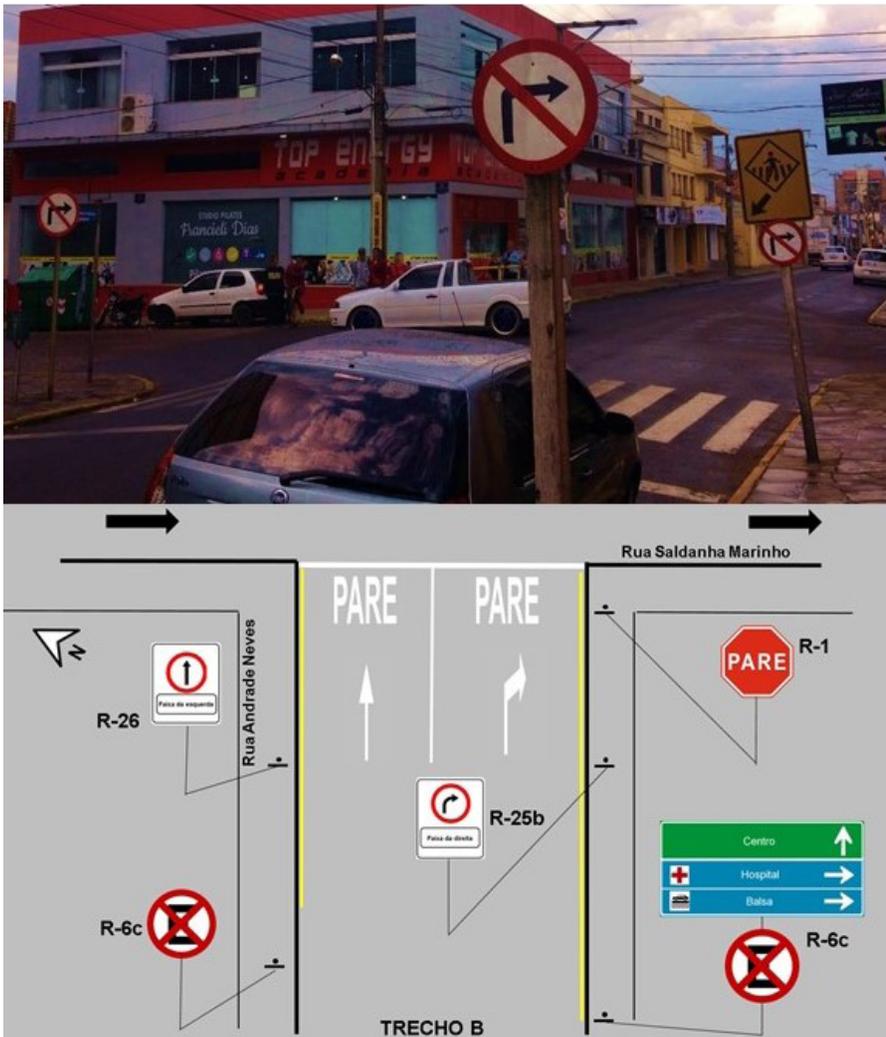
Para as apresentações em sala de aula são necessários *Datashow* e quadro branco, e podem ser realizadas em um ou dois encontros, dependendo do número de equipes formadas.

Desenvolvimento da atividade

Após as aulas de exposição de conteúdos teóricos e os exercícios práticos em sala, os alunos, organizados em diferentes grupos (formados de acordo com o número de integrantes da turma ou das áreas escolhidas para o estudo), organizam-se em equipes de auditoria de sinalização viária de uma região da cidade ou de trechos de rodovia, todos eles definidos previamente pelo professor. Cada equipe pode focar em um tipo específico de dispositivo de controle de tráfego, entre sinalização horizontal, vertical, auxiliar ou de canalização.

Ao final do trabalho, cada equipe deve apresentar um relatório contendo os resultados da auditoria e um roteiro da aula que ministrarão para toda a turma explicando conceitos de sinalização viária, podendo utilizar como exemplo os casos identificados. Após as apresentações é fomentado um debate sobre o trabalho e são realizados questionamentos por parte dos outros integrantes à equipe que apresenta.

Figura 45: recursos fotográficos e gráficos utilizados nos relatórios de auditoria sobre a situação real da sinalização e proposta de melhoria.



Descrição da Figura 45: registro fotográfico da sinalização presente em uma interseção, com diferentes tipos de placas, e desenho da mesma realizado em software próprio para tal. – Fonte: os autores.

Figura 46: apresentação de trabalhos sobre auditoria de sinalização utilizando o método da Sala de Aula Invertida.



Descrição da Figura 46: aluno posicionado em frente à turma para apresentação de trabalho sobre sinalização vertical enquanto é observado por colegas. — Fonte: os autores.

Resultados

A atividade ajuda os alunos a fixarem os conceitos de sinalização viária, visto que existem muitos tipos diferentes de dispositivos e não é fácil lembrar de todos os nomes e suas utilidades, assim como identificar as diferenças entre os trechos urbanos e rurais, a partir da comparação de resultados entre as áreas distintas.

Da mesma forma, ao apresentarem para o professor e os colegas em forma de aula, os alunos conseguem aprender melhor o conteúdo, pois devem fazer de modo que os outros compreendam, razão pela qual

eles devem estar seguros das suas explicações. Além disso, o fato de os alunos utilizarem exemplos reais do entorno mais próximo permite identificar melhor as características dos dispositivos estudados.

Finalmente, o trabalho em forma de equipe de auditoria aproxima os alunos da prática real de trabalhos de consultoria em engenharia de tráfego, fazendo com que eles sintam que o resultado de seus estudos pode ser útil para a comunidade, pois é possível que os relatórios sejam disponibilizados para os responsáveis das vias ou para os interessados, com o objetivo de cobrar ou propor melhorias.

Avaliação

De acordo com o número de alunos, a atividade pode ser adaptada para um trabalho individual e também pode ser permitida a escolha de diferentes áreas da cidade ou trechos de rodovia. A possibilidade de aplicar a atividade em trecho rural (rodovia) e em vias urbanas (até em outras cidades) permite a comparação de resultados e a análise separada de diferentes tipos de dispositivos de controle de tráfego.

A experiência da Sala de Aula Invertida foi desafiadora para os alunos que, apesar disso, consideraram-na interessante. O docente também conseguiu mostrar para os alunos o trabalho que é exigido do professor ao preparar e ministrar aulas.

Conclusões

A atividade é essencial para que os alunos consigam assimilar o conteúdo e identificar quais são os diversos dispositivos de sinalização viária, bem como entender seus problemas e pensar em possíveis soluções.

De acordo com o tamanho da turma, as equipes podem realizar a auditoria em uma mesma região da cidade, permitindo, assim, a comparação de resultados e do desempenho de cada grupo. Igualmente, podem ser convidadas para as apresentações pessoas interessadas nos resultados da auditoria, para que façam possíveis questionamentos às equipes diretamente, o que motiva os alunos a prepararem melhor os recursos.

3.9 ANÁLISE E PROGRAMAÇÃO DE UMA INTERSEÇÃO SEMAFORIZADA

Engenharia de Tráfego II

Contextualização

A segunda parte da disciplina de Engenharia de Tráfego II foca nos objetivos relacionados a conhecer as características dos semáforos e os critérios de implantação, assim como em programar um plano de controle semafórico com base em conhecimentos obtidos na disciplina prévia de Engenharia de Tráfego I e em conhecimentos sobre dispositivos de controle de tráfego na primeira parte desta disciplina, assim como sobre aspectos de tráfego rodoviário ligados à segurança viária.

Com a atividade, é fornecida aos alunos uma experiência, *in loco*, de análise dos conceitos, desempenho e funcionamento de sinalização e programação semafórica aprendidos em sala de aula.

Metodologia empregada

A metodologia consiste em trabalho em equipe e em atividades práticas fora de sala de aula, incluindo contagem classificatória de tráfego, medição de tempos semafóricos e de fluxos de saturação em uma interseção. As atividades acontecem após aulas prévias sobre os conceitos teóricos e também contam com o apoio de exercícios práticos em sala de aula.

Após a análise dos dados coletados e obtenção de resultados, os alunos apresentam um relatório escrito e de forma oral em sala de aula.

Recursos utilizados

Para a realização da atividade, são utilizadas pranchetas, folhas A4 e canetas para as visitas ao local, assim como coletes de segurança para identificação dos estudantes. Para as medições de tráfego podem ser utilizados contadores manuais e, se estiverem disponíveis, contadores automáticos. Para a medição dos tempos semafóricos são necessários cronômetros.

As atividades fora de aula abrangem um total de três períodos. Para as apresentações em sala de aula são necessários *Datashow* e quadro branco.

Desenvolvimento da atividade

A atividade prática relacionada compreende a verificação da implantação semafórica existente e a programação dos grupos semafóricos.

Após as primeiras aulas de apresentação dos conceitos básicos sobre sinalização semafórica, é selecionada uma interseção semaforizada (podendo ser de mais ou de menos ramos e de diferentes possibilidades de movimentos conflitantes, de acordo com o tamanho da turma ou número de equipes).

No primeiro encontro, é feita uma caracterização do local, desde o ponto de vista dos dispositivos de controle de tráfego existentes, dimensões do cruzamento, origens e destinos dos fluxos que atravessam a interseção e possíveis conflitos identificados. Também é realizada uma contagem dos tempos das fases semafóricas existentes no momento e uma definição do diagrama de fases dos grupos semafóricos.

No segundo encontro, é feita a medição do fluxo de saturação das diferentes aproximações ou movimentos nos semáforos. Recomenda-se que esta medição seja realizada em diferentes horários para permitir diferentes programações ao longo da semana ou das horas do dia, ou, pelo menos, nos horários de pico, se se optar por uma programação não variável. Para isso, previamente as equipes devem contar com a informação dos volumes de tráfego a partir de uma contagem classificatória com movimentos de virada nos diferentes horários analisados: estes dados podem proceder de uma contagem completa realizada pelas equi-

pes ou dos resultados dessa contagem obtidos previamente (para isso, consulte-se a atividade “Análise do tráfego de uma interseção urbana”, relacionada à disciplina prévia de Engenharia de Tráfego I).

A partir dos dados da contagem de tráfego, as equipes devem previamente aplicar os critérios de implantação de semáforos para verificar se é ou não necessária a instalação deste tipo de controle de tráfego na interseção.

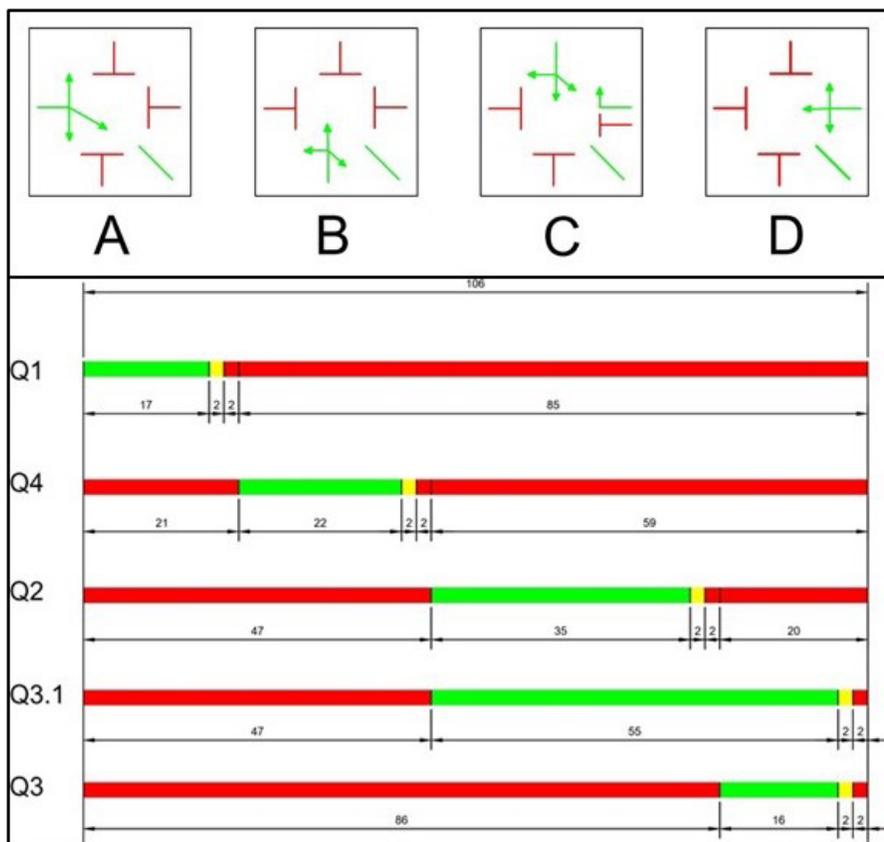
Após a coleta de dados dos fluxos, em diferentes fases dos grupos semafóricos, mediante os métodos especificados pelo Manual Brasileiro de Sinalização Semafórica, são feitos cálculos necessários para se encontrar o fluxo de saturação. Com esse fluxo e os demais elementos coletados (volumes equivalentes para cada movimento ou fase), é aplicado o Método de Webster para se encontrar a programação semafórica que o local deveria ter.

Figura 47: diferentes momentos das atividades fora de sala de aula.



Descrição da Figura 47: grupos de alunos equipados com coletes de segurança posicionados nas esquinas de uma interseção com semáforos para realização de contagem de tráfego. – Fonte: os autores.

Figura 48: representação dos diagramas de fases e da programação semafórica proposta pelos alunos.

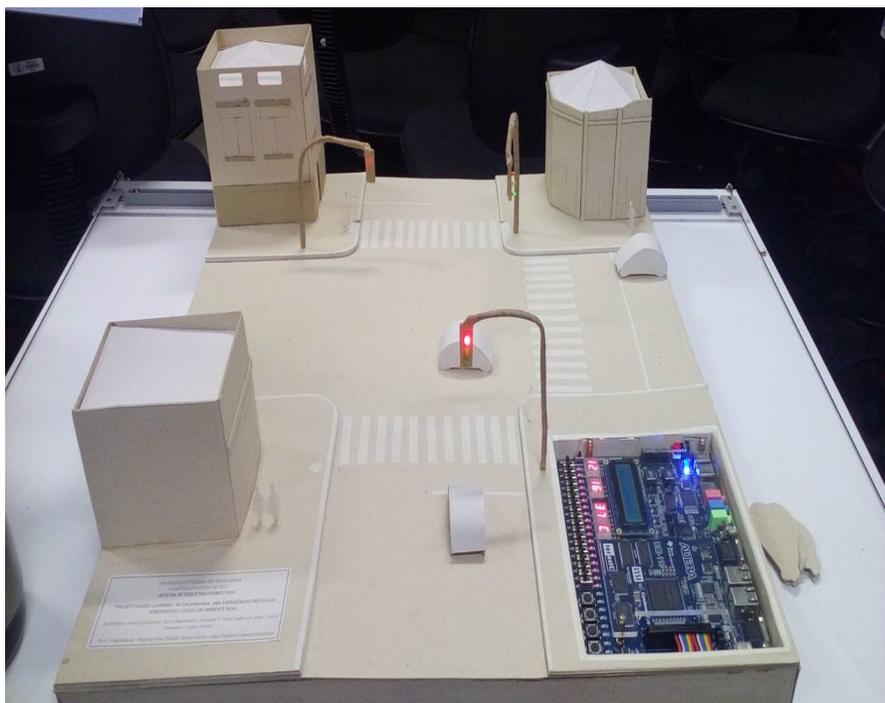


Descrição da Figura 48: desenhos realizados em software AutoCAD nas cores verde, amarela e vermelha para representação de diagramas de fases e programação semafórica. – Fonte: os autores.

A atividade permitiu ainda uma colaboração interdisciplinar com alunos do curso de Engenharia Elétrica, mediante a disciplina de Análise e Projeto de Sistemas Lógicos Programáveis, na qual uma das equipes da atividade prática teve como objetivo desenvolver um projeto da in-

terseção a escala com recursos elétricos e de programação. Além disso, a maquete da interseção foi realizada em colaboração com alunos do curso de Arquitetura e Urbanismo.

Figura 49: maquete da interseção semaforizada desenvolvida em colaboração com alunos de Engenharia Elétrica e de Arquitetura e Urbanismo.



Descrição da Figura 49: em uma mesa, está presente uma maquete de papelão e dispositivos elétricos simulando interseção semaforizada. — Fonte: os autores.

Resultados

A atividade foi importante para identificar as diferenças entre a programação que existe atualmente na interseção analisada e a que deveria ter, baseando-se nos dados coletados. O emprego de técnicas de análise de tráfego e de estatísticas já estudadas em disciplinas anteriores permite mostrar aos alunos a utilidade dos conhecimentos adquiridos previamente e relembrar suas aplicações. Do mesmo modo, a atividade ajudou a consolidar os conceitos sobre sinalização semafórica e o desenvolvimento do método de Webster para programação semafórica.

A comparação de resultados e a discussão após as apresentações permitiu um momento muito proveitoso para todos os participantes. Além disso, o desafio de se fazer um estudo real de Engenharia de Tráfego, cujos resultados seriam fornecidos à Prefeitura e poderiam proporcionar alterações de melhoria da interseção, resultou em um aspecto motivador e de responsabilidade para os alunos.

Avaliação

A dedicação necessária para a coleta, para a análise de dados e para a elaboração do relatório foi identificada pelos alunos como muito exigente. Assim, estima-se que a atividade pode ser adaptada ao número de alunos e de equipes, de acordo com as características da interseção analisada. Igualmente, se for necessário, a atividade pode contar com a colaboração de colegas que já passaram pela disciplina, assim como de outros que ainda não cursaram, como voluntários de medição *in loco*, o que ajuda na formação de consciência de equipe e trabalhos de liderança.

A coleta deficiente de dados por parte de algumas equipes impossibilitou o cálculo do fluxo de saturação e, portanto, a realização da programação semafórica. Esta circunstância pode ser comum devido a um possível comportamento irregular do tráfego na interseção estudada nos dias de coleta de dados, o que pode dificultar o trabalho. Da mesma forma, a ocorrência de chuva em alguns dos dias de atividade prática na rua pode atrapalhar as coletas e dificultar a compreensão do comportamento do tráfego, assim como atrasar o desenvolvimento do trabalho.

Conclusões

A atividade é essencial para que os alunos consigam assimilar o conteúdo sobre sinalização semafórica e entender como é feita uma programação semafórica. Além disso, as propostas desenvolvidas no trabalho prático da disciplina têm potencial para gerar excelentes frutos aos seus desenvolvedores e também qualificar o Campus da UFSM nessa matéria.

A especialização dos alunos nos trabalhos de Engenharia de Tráfego pode resultar na oferta de serviços para órgãos de trânsito e/ou empresas que precisem de conhecimentos avançados, ainda durante a graduação, permitindo, assim, a atuação dos alunos como estagiários, empresas júnior ou consultoria.

3.10 EXERCÍCIO DA NASA – PERDIDOS NA LUA

Organização e Administração de Empresas

Contextualização

Como objetivos da disciplina, tem-se: conhecer os conceitos fundamentais de Administração; oportunizar conhecimentos sobre as empresas e sua gestão; compreender a relevância do empreendedorismo para o desenvolvimento da sociedade, bem como desenvolver o espírito criativo e inovador dos acadêmicos na busca de novos conhecimentos e ações transformadoras da realidade organizacional e social; saber mensurar e adotar, em sua futura atividade profissional, estratégias empresariais compatíveis com a realidade de sua organização.

Assim, colocar em prática essas estratégias e atitudes é necessário para que os estudantes saiam da universidade com uma visão do todo e de como gerir conflitos que possam ocorrer em seu ambiente de trabalho.

Metodologia empregada

Essa atividade foi desenvolvida por meio de um trabalho em equipe, onde a turma dividiu-se em grupos para responder o exercício solicitado, que simulava uma situação real de gestão de recursos em um caso adverso. Portanto, combinaram-se as técnicas de *Team-Based Learning* e de *Project-Based Learning* em ambiente simulado, com aspecto lúdico.

Recursos utilizados

Para essa atividade, foram utilizadas apresentações prévias em *PowerPoint*, necessárias para a transmissão do conhecimento que a metodologia demandava. Além disso, apenas papel e canetas, além do uso de quadro branco, são necessários para a realização da atividade em um único encontro em sala de aula.

Desenvolvimento da atividade

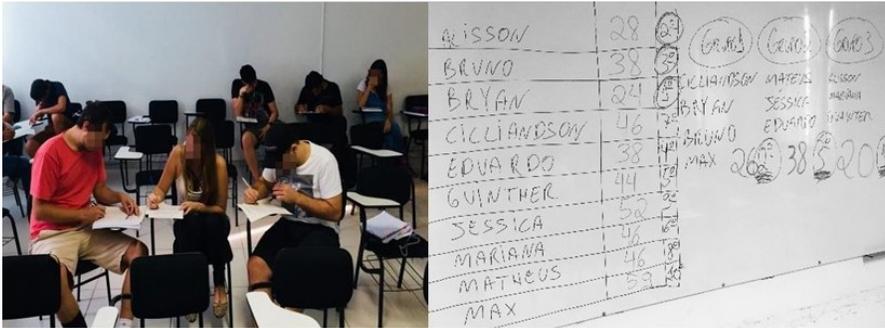
Ao longo do semestre, o professor apresentou os conceitos de Liderança, Comunicação, Competitividade, Negociação e Tomada de Decisão, os quais foram necessários para a realização da atividade vinculada.

Os alunos então foram divididos em grupos e receberam uma folha com o Exercício da NASA – Perdidos na Lua. Na atividade, inicialmente de maneira individual, em um tempo de 7 (sete) minutos, eles precisavam enumerar, em ordem de importância, 15 (quinze) itens necessários para a sobrevivência da tripulação de uma nave que precisou pousar emergencialmente na lua. Após, em grupo, durante 12 (doze) minutos, discutiam entre si sobre qual seria a ordem de importância dos itens apresentados e entravam em um consenso para o grupo.

Após essa parte, o professor explicou qual era a ordem de importância correta, conforme opiniões de técnicos da área, e um ranking individual e por grupo era feito, colocando-se no quadro a classificação final (individual e de grupos).

Por fim, discutiram-se os resultados e foi feita uma análise da atividade por parte dos alunos.

Figura 50: momento do desenvolvimento do exercício e do apoio com quadro branco.



Descrição da Figura 50: sentados em suas cadeiras, alunos de uma turma discutem e preenchem folhas de atividades. Em um quadro branco, com caneta preta, está descrita a pontuação e classificação de cada participante. — Fonte: os autores.

Resultados

Com a atividade, os alunos testaram na prática os conceitos apresentados, e isso os ajudou a fixarem o conteúdo da disciplina e a melhorarem, assim, seu desempenho nas avaliações.

Algumas semanas após a realização da atividade, dois dos alunos da disciplina foram contratados como estagiários por empresas da região. Ambos comentaram que a dinâmica ajudou bastante durante o processo seletivo, na qual puderam colocar em prática o que aprenderam em sala de aula.

Avaliação

A atividade foi considerada satisfatória, visto que os alunos se engajaram com a proposta da disciplina e participaram ativamente da dinâmica. Após a discussão dos resultados entre os grupos, todos os alunos elogiaram a atividade e o momento de troca de conhecimentos por ela proporcionado. Não foram encontradas dificuldades.

Aponta-se o fato de que a Engenharia de Transportes precisa de mais foco na gestão de pessoas, visto que essa área é percebida apenas com olhares técnicos, quando, na verdade, o mercado de trabalho também precisa de profissionais com capacidade de gestão.

Conclusões

Na dinâmica, os alunos vivenciaram como seria uma situação real nas empresas, onde eles possuem reuniões, prazos para debater e tomar decisões rápidas, além de chegar a um consenso final sobre qual ação deve ser tomada.

A atividade deve ser realizada novamente em próximos semestres na mesma disciplina, com outros desafios.

3.11 PROJETO GEOMÉTRICO DE CONSTRUÇÃO DE RODOVIA

Projeto Geométrico de Rodovias

Contextualização

Os objetivos da disciplina visam obter conhecimentos básicos para o desenvolvimento de traçados geométricos de vias rodoviárias, bem como credenciar o aluno no projeto de movimentação de terra e cálculo de orçamentos do projeto de uma rodovia.

Nessa disciplina utiliza-se a metodologia PBL nos parâmetros fixados pelo Projeto “Ponto de Partida”, que nasceu na UFRGS, concretamente na disciplina de Rodovias e está sendo replicado ou adaptado em várias instituições de ensino superior no Rio Grande do Sul. O capítulo 2 do presente livro trata com maiores detalhes do Projeto. Na UFSM o Projeto visa trazer a participação dos alunos em atividades práticas e simulações de ambientes reais, com o intuito de ajudar na fixação de conteúdos e na preparação para o mercado de trabalho. Assim, por tratar-se de uma disciplina essencialmente prática, a atividade busca providenciar uma experiência de desenvolvimento do projeto de uma rodovia o mais próximo possível da realidade.

Metodologia empregada

A metodologia consiste em trabalho em equipe, na qual cada grupo deve desenvolver um Projeto Geométrico e de movimentação de terras completo de uma rodovia, a modo de empresa real, participando de audiências públicas simuladas e de processos de licitação na apresentação dos projetos, com entrega e apresentação do trabalho em duas fases (Estudo de Traçado e Projeto Executivo). Além disso, as empresas e seus integrantes vão se qualificando tecnicamente ao longo do semestre mediante atividades práticas curtas que fornecem ARTs (Anotações de Responsabilidade Técnica) necessárias para concorrer ao processo de licitação.

Recursos utilizados

Para a realização da atividade, o professor organiza toda a documentação necessária para o desenvolvimento do projeto, tal como acontece nas licitações reais de infraestrutura (termo de referência, edital com diretrizes de projeto, dados de orçamento, modelos para elaboração de relatórios de projeto, cronograma, dados cartográficos e de hidrografia da região estudada etc.). Esses documentos devem ser preparados antes do início do semestre e são disponibilizados aos alunos ao longo da disciplina, com uma explicação prévia da atividade. Igualmente, a cada aula o professor repassa os conteúdos teóricos de cada parte da disciplina, junto com exercícios práticos e tempo para os alunos avançarem na elaboração do trabalho.

Os alunos utilizam-se de *software* GIS (como o QGIS ou ArcGIS) para análise dos dados de georreferenciamento e escolha de alternativas de traçado da rodovia e do *software* específico para Projeto Geométrico e de Terraplanagem de rodovias (como o SAEPRO ou CIVIL). O uso de planilhas de cálculo (tipo Excel) é potencializado para os alunos realizarem os exercícios e o próprio trabalho de forma mais eficiente.

Para a apresentação das fases do trabalho e para as aulas teóricas e práticas é necessário *Datashow* e quadro branco. Além disso, a realização de ARTs precisa de impressão dos exercícios e dos formulários de preenchimento das respostas para sala de aula. As fases de simulação de Audiência Pública, abertura de envelopes e fiscalização, como serão explicadas depois, precisam igualmente da disponibilização de formulários impressos para os participantes da banca e os alunos.

São necessárias duas aulas completas para os eventos de Audiência Pública e de abertura de envelopes e fiscalização, assim como 1 h de aula para cada um dos exercícios tipo ART e de apresentação inicial do Projeto, além de 1 h semanal para acompanhamento do trabalho em sala de aula. Igualmente, a dedicação dos alunos extraclasse é importante. Destaca-se a necessidade de apoio de monitor ou de monitores para esclarecimento de dúvidas dos alunos e para ajuda nos dias prévios às apresentações, assim como é importante o auxílio de vídeos explicativos elaborados pela equipe do Projeto da UFRGS (disponíveis no canal do YouTube, ver no capítulo 2).

Desenvolvimento da atividade

No primeiro momento, os alunos precisam escolher o traçado de um trecho real para o qual desenvolverão o projeto de rodovias, identificando a região, verificando a viabilidade, o terreno, a hidrografia etc., entre dois pontos ou localidades especificados pelo professor. A partir disso, os alunos precisam desenvolver um Projeto Geométrico completo de uma rodovia em duas fases. É realizado então um Estudo de Traçado de no máximo 10 km, no qual os alunos precisam buscar várias alternativas da origem ao destino (para trechos maiores, podem ser subdivididos em subtrechos, analisados por diferentes equipes independentes ou formando consórcios). Após a análise de alternativas, é feita uma apresentação em Audiência Pública, onde as equipes simulam ser empresas, inclusive assinando um contrato social na formação do grupo. Na audiência, a banca avaliadora é formada por professores de outras disciplinas ou profissionais externos que possuam conhecimentos associados à área.

Figura 51: diretriz provisória do traçado de trecho rodoviário com buffer de 250 m apresentado em Audiência Pública.



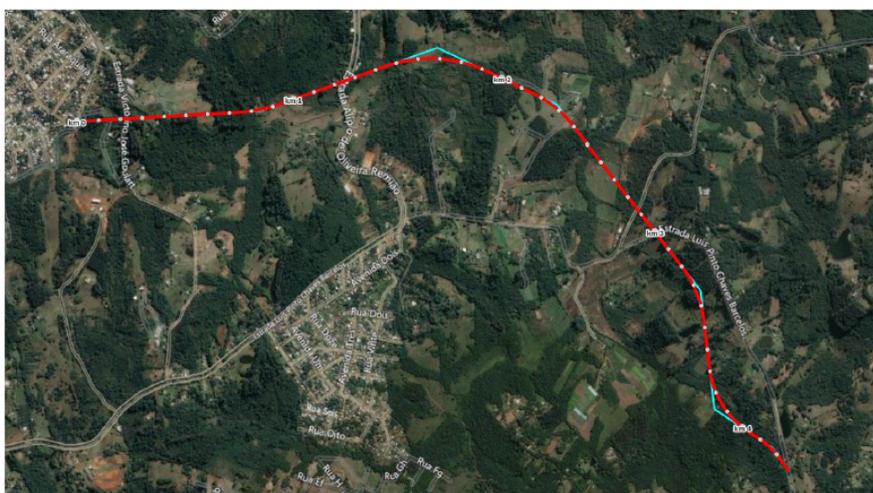
Descrição da Figura 51: imagem representando o traçado de rodovia com o terreno ao fundo, onde uma linha amarela mostra onde ela estará posicionada. – Fonte: os autores.

Conforme os conteúdos da disciplina avançam, o trabalho fica cada vez mais completo e as equipes vão se qualificando a partir das ARTs, sendo 5 (cinco) ao longo do semestre, que consistem de provas de 50 (cinquenta) minutos com consulta livre e um número específico de questões a serem escolhidas e respondidas. As notas das ARTs são somadas e é necessário um mínimo de pontos para que a equipe se qualifique para comparecer no evento final de concorrência pública, realizado como abertura dos envelopes dos projetos. Além disso, cada resposta de questão é atribuída a um estudante, que pode ganhar pontos “bônus”.

No final da disciplina, é apresentado um relatório (Projeto Executivo) com todos os planos, estudos, orçamentos e indicadores necessários, que é inclusive entregue em um envelope fechado no horário estabelecido,

como é feito em uma situação real. O Projeto Executivo inclui o cálculo de uma série de indicadores que permitem, junto com o orçamento do trecho, ordenar as propostas e fornecer notas objetivas a eles. Além das notas, uma avaliação por parte do professor é realizada, assim como há também uma nota de autocrítica dos próprios membros, que podem escolher se querem tirar de nota um integrante e passar para outro.

Figura 52: traçado final da rodovia apresentado na Abertura dos Envelopes na concorrência simulada na disciplina.



Descrição da Figura 52: imagem representando o traçado de rodovia com o terreno ao fundo, onde uma linha vermelha, com pontos brancos e traços azuis, mostra o local definido para cada curva e reta. — Fonte: os autores.

Como forma de finalizar a disciplina, também é feita uma pesquisa de satisfação.

Figura 53: registros gráficos da Audiência Pública simulada com participação de outros professores a modo de banca.



Descrição da Figura 53: em uma sala de aula com computadores, professores e alunos estão posicionados à frente enquanto apresentam trabalhos sobre projeto geométrico de rodovias. — Fonte: os autores.

Resultados

Os alunos consideraram a disciplina como “muito cansativa” e que demanda bastante envolvimento ao longo de todo semestre, ao mesmo tempo em que se sentem como engenheiros no desenvolvimento de um projeto, aprendendo de maneira mais interativa e se qualificando como estudantes.

As questões que constavam nas ARTs ajudaram na fixação do conteúdo e no estudo para as partes práticas das provas.

O fato de realizar a atividade em colaboração com a UFRGS, onde é estudado o mesmo trecho e com a mesma metodologia na disciplina de “Rodovias” do curso de Engenharia Civil, permite uma interação entre as duas instituições e ainda uma comparação ou concorrência entre as equipes dos dois cursos.

Figura 54: Participantes da UFRGS e da UFSM na Abertura dos Envelopes na concorrência simulada nas disciplinas relacionadas.



Descrição da Figura 54: em uma sala de aula, professores e alunos posicionam-se para registro fotográfico, com seus trabalhos e documentos presentes em uma mesa à frente. – Fonte: os autores.

Avaliação

A desistência de fazer o projeto por algumas equipes após a Audiência Pública fez com que esses alunos não aproveitassem ao máximo a disciplina. Porém, as outras equipes realizaram ótimos trabalhos e seus esforços os ajudaram a passar na disciplina ou, ainda, melhorar suas notas finais.

A boa qualidade de alguns dos trabalhos desenvolvidos permitiu que em vários semestres os projetos da instituição ficassem muito bem avaliados, comparados aos da UFRGS, de forma que também conseguiram formar parte de publicação, como capítulos de livro, resultante da disciplina. Esse reconhecimento também motivou os alunos a melhorarem os relatórios para publicação, ainda depois de finalizado o semestre.

Conclusões

A atividade é bem-sucedida sob o ponto de vista de mostrar como é feito realmente um projeto de rodovias, preparando os estudantes para uma situação real do mercado de trabalho.

A possibilidade de haver maior número de equipes atuando no projeto faz com que a avaliação da atividade seja mais completa, inclusive criando consórcios de duas empresas cada um, onde um consórcio concorre contra outro. O trecho escolhido em cada semestre é diferente.

3.12 EXERCÍCIOS PRÁTICOS DE RACIOCÍNIO LÓGICO

Grafos e Análises em Redes

Contextualização

Os objetivos da disciplina visam apresentar a teoria matemática de tratamento das relações entre elementos de conjuntos discretos em contraposição à “matemática do contínuo”, assim como a formulação dos conceitos da topologia e geometria da posição.

A área de Grafos e Análises em Redes é importante para que os estudantes aprendam a utilizar os conteúdos de algoritmos e de programação assimilados nos semestres anteriores, a fim de se executar, na prática, os vários conceitos dessa disciplina.

Metodologia empregada

Exercícios práticos da disciplina após conceituação teórica, com posterior escrita de um fragmento de artigo de uma aplicação dos conceitos obtidos em uma situação real simulada.

Recursos utilizados

Apresentações em *PowerPoint* para exposição do conteúdo, com apoio de *Datashow* e quadro branco, e exercícios, que são realizados em diferentes aulas da disciplina.

A elaboração do artigo é desenvolvida pelos alunos em tempo extraclasse.

Desenvolvimento da atividade

Para essa disciplina, após a exposição dos conceitos iniciais, foram apresentados exemplos aplicáveis desse conteúdo para sua fixação.

Ao final, os alunos fizeram as provas/avaliações da disciplina e também elaboraram um artigo científico. O artigo deveria conter a problemática, além da definição de caminho mínimo de uma chamada de emergência do exército, ou seja, como tomar a decisão acerca de que coletar primeiro, qual a ordem de prioridade etc. Ou seja, deveria haver uma contextualização da decisão tomada, justificando-se o que seria feito, o método utilizado e os resultados esperados.

Resultados

A visualização da parte prática auxiliou a fixação do conteúdo e seu entendimento. Da mesma forma, motivou os alunos a lembrarem do estilo e formatação de artigos científicos e da resolução de problemas de forma objetiva.

Avaliação

A parte prática da disciplina é facilitada pelo fato de os alunos já terem assimilado os conhecimentos sobre Modelagem e Programação de sistemas no semestre anterior. Pelo *feedback* dos alunos, mesmo assim, a disciplina ainda não é considerada fácil, pois demanda bastante esforço e raciocínio.

O engajamento dos estudantes não atingiu nível máximo na realização da atividade, e nem todos conseguiram escrever um texto de qualidade.

Conclusões

Pelo fato de a disciplina ter uma abordagem matemática, é muito importante que os conceitos nela trabalhados sejam submetidos a aplicações práticas.

Para os próximos semestres, o planejamento da atividade buscará aprofundar o desenvolvimento de um número maior de atividades práticas, com o objetivo de apresentar resultados reais para problemas práticos existentes nas diversas especialidades da logística ao longo do semestre, tudo isso associado ao desenvolvimento de um artigo. Espera-se, ainda, que possam ser adotados casos reais, sugeridos pelos alunos ou outros docentes do Campus, permitindo assim a formação de possíveis parcerias que gerem resultados com potencial de publicação.

3.13 DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE PRODUTO

Metodologia de Projeto de Produtos

Contextualização

O objetivo da disciplina é realizar o processo de resolução de problemas de engenharia que envolvam o desenvolvimento e o gerenciamento de projetos de produtos, através da aplicação sistematizada de técnicas e ferramentas de apoio e do trabalho em equipe.

Dessa maneira, ao trabalharem com conceitos e práticas relacionados ao desenvolvimento de projetos, os alunos visualizam em sala de aula o funcionamento de um setor dessa área no mercado de trabalho, o qual lida com prazos e metas pré-estabelecidos e com a utilização otimizada dos recursos disponíveis.

Metodologia empregada

Para a realização da atividade, a metodologia utilizada baseia-se em trabalho em equipe para o desenvolvimento de um protótipo de produto na sua área de estudo.

Recursos utilizados

O professor utilizou apresentações em *PowerPoint* para exposição do conteúdo e os alunos poderiam usar os recursos que julgassem necessários para o desenvolvimento do protótipo, visando sempre um custo reduzido e a sustentabilidade dos materiais e processos utilizados.

As etapas de desenvolvimento da atividade ocupam parte das aulas em cada semana e o evento final realizou-se em um encontro completo, com a participação da banca.

Desenvolvimento da atividade

A disciplina é dividida em várias etapas, em que uma base conceitual é exposta aos alunos e após é solicitado que se faça a aplicação desses conceitos, como pesquisa de mercado, por exemplo, a fim de que seja desenvolvido um produto final. O produto está relacionado a uma demanda de uma empresa ou instituição em matéria de transportes, como, por exemplo, dispositivos de sinalização adaptados, bicicletas de baixo custo de uso por crianças em escolas públicas ou em aplicativos de viagens, em que as bicicletas são compartilhadas entre os integrantes da comunidade acadêmica do Campus.

Os grupos, normalmente formados por 4 (quatro) integrantes, indicam um professor ou profissional externo especialista da área do problema para consultar seu trabalho ao longo do semestre. Esse especialista também precisa responder alguns questionários para validar seu *feedback*, tornando-o menos subjetivo.

Com as etapas sendo entregues semanalmente, ao final da disciplina é formada uma banca, que conta com a presença dos especialistas, os quais avaliavam os trabalhos.

Figura 55: alunos da disciplina na etapa de concepção do produto.



Descrição da Figura 55: alunos ao redor de uma mesa sorriem para registro fotográfico após discussão sobre o trabalho realizado. — Fonte: os autores.

Resultados

Pelo fato de os alunos estarem em um período do curso em que acabaram de passar por várias disciplinas de cálculo, essa é uma que se diferencia por apresentar muitos conceitos e conteúdos que demandam uma conversa e interação entre os alunos. Nas primeiras semanas houve dificuldade nesse aspecto, mas após a identificação do problema a ser estudado, as aulas fluíram de maneira mais natural.

As aulas de aplicação dos conceitos eram muito mais dinâmicas do que as aulas somente de exposição do conteúdo, demonstrando a proatividade dos alunos na resolução dos problemas.

O desempenho dos alunos era valorizado quando os ajustes e sugestões mencionados nos *feedbacks* eram efetuados.

Pelo fato de tratar-se de uma disciplina optativa para alunos de outros cursos, criaram-se equipes multidisciplinares que abordaram problemas com demandas simultâneas de várias áreas. Assim, além dos protótipos específicos da área de transportes, desenvolveram-se outros como o de transplantadora de fumo, relacionado com a Engenharia Agrícola, com a justificativa de que, por um lado existem equipamentos muito grandes e muito caros e, por outro, existe a execução manual, então pensou-se em uma alternativa que configurasse um meio-termo. Igualmente, na área da Engenharia Mecânica, foram desenvolvidos protótipos de bancadas para as aulas práticas do curso: uma de vibrações e uma de calor. Pelo fato de o Campus ainda não disponibilizar desses

itens em seus laboratórios, o desenvolvimento do projeto encaixou-se na realidade dos alunos e permitiu a compreensão de diferentes problemas por parte de acadêmicos de diferentes cursos.

Avaliação

A primeira etapa não havia sido entregue no prazo devido à dificuldade dos alunos em escolher o protótipo do produto a ser estudado. Porém, com as etapas sendo entregues no mesmo dia de aplicação conceitual da teoria, nas etapas seguintes notou-se uma melhoria e uma maior dedicação dos alunos.

Como a quantidade de atividades a serem realizadas era grande, houve uma preocupação com a entrega dos resultados nos prazos esperados. Se a entrega fosse apenas em um momento da disciplina e não semanalmente, provavelmente não teria funcionado com êxito, e os protótipos ficariam incompletos.

Nos próximos semestres, será aumentado o tempo para identificação dos problemas e, conseqüentemente, reduzido o tempo para exposição dos conceitos.

Conclusões

A atividade é considerada satisfatória, pois os alunos aprendem já na graduação como funciona um setor de desenvolvimento de produtos, em que os integrantes podem, inclusive, pagar multas caso os prazos não sejam cumpridos conforme o determinado.

Os alunos também saem da zona de conforto com disciplinas de cálculo, em que são submetidos a normalmente duas provas durante o semestre, e passam a preocupar-se semanalmente com trabalhos e etapas a serem desenvolvidos.

A observação de aspectos sociais, éticos e sustentáveis nos protótipos elaborados fomenta igualmente essas atitudes nos futuros profissionais de Engenharia.

3.14 CONSTRUÇÃO DE FERRORAMA

Ferrovias

Contextualização

A disciplina tem como objetivo efetuar estudos e levantamentos de dados para projeto de ferrovias. De forma integrada, os participantes conseguem adquirir atribuições que possibilitam o dimensionamento e a execução da via permanente. Busca-se que os alunos consigam pesquisar, obter e manusear materiais específicos de estradas de ferro.

Metodologia empregada

A metodologia utilizada para apresentar o conteúdo técnico busca vincular a experiência prática às atividades de ensino das disciplinas envolvidas. Nesse contexto são realizadas aulas práticas e aulas teóricas expositivas e dialogadas a partir de um ferrorama. A contextualização da ferrovia e dos demais assuntos da disciplina com o ferrorama permite que o aluno seja motivado a vincular a exposição teórica às atividades de ensino da disciplina mediante a utilização de recursos lúdicos.

Além disso, será realizada a elaboração do projeto da via permanente do ferrorama, assim, os alunos devem representar os elementos do ferrorama em um projeto de forma profissional.

Recursos utilizados

Primeiramente foi necessária a aquisição do ferrorama com escala apropriada e com miniaturas de modelos reais que permitissem a representação e contextualização profissional na disciplina. Para a elaboração do projeto são necessários *softwares* específicos de engenharia para a construção de estradas de ferro. Por fim, a exposição teórica é realizada de maneira tradicional com lousa e retroprojektor.

Desenvolvimento da atividade

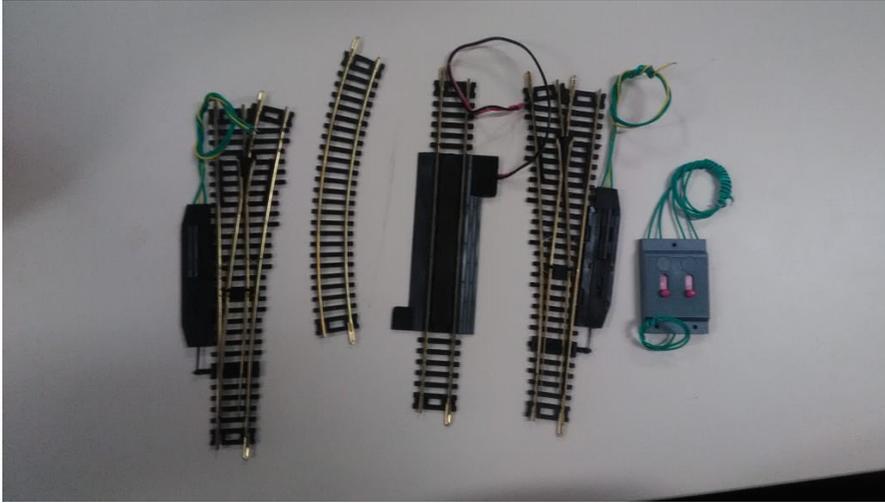
A primeira etapa é a contextualização do aluno na disciplina, na qual são apresentados elementos de projeto e etapas construtivas. Num segundo momento apresenta-se o ferrorama para os alunos e são estudados alguns elementos, tais como trilhos, dormentes, aparelhos de mudança de via (AMV), bitola, locomotiva, vagões, composição, truques, rodeiros, eixos e rodas. Na sequência é realizado o dimensionamento do lastro e sublastro para a condição do ferrorama. Por último, é realizado o projeto geométrico de um trecho do ferrorama com auxílio de *softwares* específicos para essa atividade.

Figura 56: Ferrorama – Via Principal e Desvio.



Descrição da Figura 56: em uma mesa, está posicionado o ferrorama construído, com suas peças presentes. — Fonte: os autores.

Figura 57: detalhe de Elementos: AMV, Trecho Curvo e Estação.



Descrição da Figura 57: peças do ferrorama construído, como trilhos de uma ferrovia e cabos utilizados. — Fonte: os autores.

Resultados

Obteve-se sucesso quanto à realização da atividade prática e da atividade teórica. Os alunos apresentaram motivação e interesse ao longo da disciplina para a realização das atividades propostas. Entende-se que os alunos conseguiram alcançar a capacitação profissional na área da disciplina de maneira mais proveitosa. Desenvolveu-se o projeto geométrico dos elementos do ferrorama, assim como uma seção transversal com o dimensionamento da superestrutura. Além disso, a visualização de um trecho de ferrovia com seus elementos, em escala real, permitiu que os alunos compreendessem melhor os conceitos referentes à área.

Avaliação

O projeto permite ao aluno conhecer os conceitos básicos de projeto e de planejamento operacional e funcional de terminais logísticos. Aliado a isso, houve a demonstração dos elementos de visualização e sinalização e dos elementos de operação, possibilitando a melhor compreensão dos assuntos abordados de forma teórica. Os objetivos propostos foram cumpridos e todas as etapas foram realizadas.

Além disso, identificou-se a possibilidade de transversalidade do projeto desenvolvido com os cursos de Arquitetura e de Engenharia Elétrica. De forma resumida, o curso de Arquitetura e Urbanismo pode contribuir com a imersão do ferrorama em um ambiente, e a representação de terminais, relevo, cursos d'água, pontes e túneis. O curso de Engenharia Elétrica pode desenvolver controle e automação para os AMV e sinalização, investigando também a possibilidade de uso de fontes de energias renováveis.

Figura 58: detalhe do ferrorama inserido na maquete.



Descrição da Figura 58: em cima de uma mesa, posiciona-se uma maquete de terreno com grama, árvores e edificações com o ferrorama pronto e funcionando. — Fonte: os autores.

Conclusões

A utilização do ferrorama na disciplina permitiu a identificação de diversos elementos, tanto do veículo quanto da via permanente, e a realização de um projeto geométrico por parte dos alunos. Ao identificar esses elementos utilizando um material prático, conseguiu-se motivar os alunos a participarem da disciplina, além de transmitir para eles o aprendizado técnico, profissional e teórico.

3.15 O JOGO DA CIDADE

Cidades e Sociedade

Contextualização

Como objetivos da disciplina, temos: compreender, analisar e relacionar os principais aspectos do Direito, da Economia, da Geografia e da Sociologia aplicáveis ao planejamento urbano e regional.

Por ser uma matéria com abordagem teórica, ofertada como disciplina optativa para os alunos, é ainda mais enriquecedor para eles que sejam desenvolvidas atividades práticas em sala de aula, as quais servirão para melhorar seu desempenho na própria disciplina e, além disso, fixar os conteúdos estudados.

Metodologia empregada

Para essa atividade, os alunos desenvolveram jogos interativos baseados na disciplina, os quais deveriam conter regras próprias e ser de fácil entendimento para as pessoas que estivessem cientes do conteúdo abordado.

Utilizaram-se, portanto, as técnicas de *Team-Based Learning* e de abordagem de um desafio ou projeto que envolvesse aspectos lúdicos para o aprendizado dos conceitos da disciplina. A atividade foi complementada com seminários elaborados pelos próprios alunos, seguindo a técnica da Sala de Aula Invertida.

Recursos utilizados

Os jogos desenvolvidos são de responsabilidade total dos alunos, desde a aquisição de materiais até a confecção dos jogos em si, os quais contam com auxílio e sugestões de melhoria propostas pelo docente.

Entre os materiais, encontram-se: tabuleiros, dados, cartas, manuais específicos para cada jogo etc.

O tempo necessário para a atividade em sala de aula deve ser adaptado ao número de equipes e conforme a disponibilidade dentro do cronograma da disciplina, mas recomenda-se contar com pelo menos dois encontros para os seminários e mais um para o evento final. O desenvolvimento dos jogos deve ser realizado extraclasse pelos alunos, podendo solicitar auxílio do docente.

Desenvolvimento da atividade

A disciplina começa com aulas expositivas sobre 4 (quatro) áreas diferentes: Geografia, Sociologia, Direito e Economia, todas aplicadas em um contexto urbano. Além disso, em cada uma são realizadas discussões de textos e apresentações de seminários sobre o conteúdo.

Como avaliação final, foi realizado um exercício que serviu como uma avaliação mais lúdica da disciplina, buscando uma forma mais interativa e dinâmica de se fixar o material estudado, em vez de fazer uma prova, por exemplo. A ideia desse exercício era que os alunos se dividissem em grupos de 4 ou 5 pessoas e criassem um jogo, denominado “O Jogo da Cidade”.

O jogo poderia ser em formato de tabuleiro, cartas, ou de atividade dinâmica, utilizando os conceitos e teorias aprendidos na disciplina, não necessariamente usando as 4 (quatro) áreas estudadas, porém pelo menos 1 (uma) delas deveria ser abordada. O “Jogo da Cidade” tem como objetivo aplicar os conteúdos da disciplina de forma lúdica e trazer a reflexão sobre o jogo de poder e forças que direcionam as ações do e no cotidiano urbano.

Os estudantes estavam cientes desde o começo da disciplina do exercício a ser feito, portanto, tiveram algumas semanas para providenciar o jogo. Em uma data marcada no cronograma, chamada de “Dia da Jogatina”, todos os grupos se reúnem e apresentam os jogos desenvolvidos, propiciando a interação com os demais colegas e que todos participem dos jogos propostos.

A entrega do material desenvolvido também deveria ser disponibilizada em arquivo digital e os alunos são avaliados conforme a qualidade gráfica do material e do relatório, a atratividade da proposta, a aplicação dos conceitos da disciplina no jogo e o domínio técnico-científico do conteúdo abordado em sala de aula.

Figura 59: diferentes momentos do “Dia da Jogatina”.



Descrição da Figura 59: em uma sequência de imagens, os alunos e professores da turma apresentam e testam os jogos de tabuleiro desenvolvidos, todos ao redor de mesas. – Fonte: os autores.

Resultados

Os alunos assimilaram de maneira satisfatória as quatro áreas de conceitos estudados na disciplina e entenderam como isso influencia o desenvolvimento do território urbano, além de interagirem com os demais colegas de uma maneira bastante didática, o que reforçou a importância dos trabalhos em equipe.

A atividade também contribuiu para o fortalecimento de ideias sustentáveis e soluções criativas, características que fazem parte de um profissional bem-sucedido na área.

Avaliação

A atividade exige um tempo de planejamento prévio por parte do docente, estabelecendo os critérios técnicos e conceituais dos jogos. Os próprios alunos também comentaram que o tempo para desenvolvimento do jogo foi considerado escasso. Por isso, para próximos semestres, espera-se utilizar um tempo maior para elaboração dos jogos, o que certamente contribuirá para um melhor andamento da disciplina.

O *feedback* realizado ao final foi essencial para que os alunos pudessem expor sua opinião sobre a atividade realizada.

Conclusões

“Cidades e Sociedade” é uma disciplina de conteúdo transdisciplinar para os alunos de Engenharia, assim como de Arquitetura e Urbanismo, visto que é o primeiro contato de muitos deles com diversos autores e conceitos que serão amplamente discutidos e reforçados ao longo dos cursos nas áreas de planejamento urbano e regional, mobilidade urbana, sustentabilidade e aspectos jurídicos e éticos da atuação profissional.

A aplicação da metodologia PBL, em especial na atividade dos jogos, é considerada fundamental para o desenvolvimento da disciplina. Igualmente, a criação de grupos fomenta o trabalho em equipe e a discussão de opiniões e posturas em relação aos tópicos abordados.

3.16 SÍNTESE DO CAPÍTULO

No processo de ensino-aprendizagem desenvolvido no nível superior universitário na área de engenharia de transportes, cada vez são mais as experiências desenvolvidas para melhorar o desempenho dos alunos e os resultados percebidos pelos professores, não só na absorção e aplicação de conceitos profissionalizantes dos currículos dos cursos mas também em outros aspectos exigidos pelo mercado. Porém, às vezes, para a preparação e concepção dessas atividades práticas, é necessário um planejamento específico visando definir o alcance, recursos e resultados esperados delas, assim como idealização de conteúdos didáticos relacionados. Com objetivo de auxiliar nessas etapas, e mostrar exemplos práticos de experiências bem-sucedidas aplicadas em disciplinas da área, este capítulo apresentou, a modo de catálogo padronizado, um conjunto de relatórios com detalhes específicos dessas iniciativas.

Pode se observar que a maioria das experiências apresentadas, se utilizam de técnicas ligadas ao conceito *Project-Based Learning*, em formato mais amplo, ou *Problem-Based Learning*, para desafios mais curtos ou pontuais. Do mesmo modo, as atividades práticas incentivam em muitos casos o trabalho em equipe, fomentando a colaboração entre os alunos, mas também a competição deles, identificando aplicações da

técnica *Team-Based Learning* junto com as Avaliação 360° ou por pares. Fica evidente assim que as propostas desenvolvidas focam bastante nos aspectos de trabalho colaborativo, com objetivos práticos e desafiadores, assim como muitos deles tentam aproximar a realidade até a sala de aula mediante inserção delas em ambientes reais ou simulados.

Por outro lado, destacam também as experiências que incluem aspectos lúdicos, com a utilização de práticas ligadas aos jogos educacionais, sejam em espaços reais ou com apoio de tecnologias computacionais, que também se destacam pela capacitação que exigem sobre os softwares e linguagens de programação específicas. Os recursos lúdicos permitem trazer momentos mais distendidos para atividades avaliativas, assim como reforçam outros aspectos trabalhados nelas, dentro da equipe ou de forma individual, o que motiva aos alunos no seu desenvolvimento.

Finalmente, cabe destacar também as experiências bem planejadas de aula invertida, que permitem ao aluno aprofundar sobre um tema geral ou específico da disciplina, interiorizá-lo e transmiti-lo aos colegas, que de igual forma assumem o papel de avaliadores da atividade. Além disso, a explicação de conceitos por parte de um colega aproxima a compreensão dos mesmos, e se enriquece com suas contribuições, assim como as do professor, que pode redirecionar ou complementar adequadamente o conteúdo.

Obviamente, o catálogo exposto não é uma lista exaustiva nem fechada, e as experiências mostradas pretendem servir de inspiração aos docentes da área de engenharia de transportes, assim como também podem ser úteis para professores de outras áreas, pois podem ser mo-

dificadas, complementadas ou adaptadas, em parte ou totalmente, para os objetivos almejados em cada situação. Com a aplicação das técnicas inovadoras de ensino-aprendizagem ativa expostas, espera-se aprimorar a experiência de docentes e alunos em sala de aula, e assim que os novos engenheiros finalizem seus estudos melhor formados e mais preparados para os desafios do mercado de trabalho. Dessa forma, a sociedade, em seu conjunto, ganha com a presença de melhores profissionais, tanto desde o ponto de vista dos conhecimentos adquiridos e da prática exercida, como do caráter humano e cidadão demonstrado.

Dados dos autores

Alejandro Ruiz-Padillo é doutor em Engenharia Civil com ênfase em Transportes, professor adjunto da Universidade Federal de Santa Maria e fundador do Laboratório de Mobilidade e Logística – LAMOT, onde desenvolve projetos de ensino mediante metodologias ativas, e de pesquisa e extensão sobre sistemas de transportes, engenharia de tráfego e mobilidade sustentável.

Christine Tessele Nodari é doutora em Engenharia de Produção com ênfase em Transportes, professora associada da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS e pesquisadora do LASTRAN – Laboratório de Sistemas de Transportes nas áreas de interesse de Segurança Viária, Simuladores de Direção Veicular e práticas ativas de ensino/aprendizagem.

Daniel Sergio Presta García é doutor em Engenharia de Produção com ênfase em Transportes, professor associado da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS e pesquisador do LASTRAN – Laboratório de Sistemas de Transportes nas áreas de interesse de Projetos Viários, *Building Information Modeling* – BIM e práticas ativas de ensino/aprendizagem.

Vagner Stefanello é estudante do curso de Engenharia de Transportes e Logística na Universidade Federal de Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul, participante de projetos relacionados a mobilidade urbana sustentável, engenharia de tráfego e demais temas ligados à área de transportes dentro do LAMOT. Também formado em Administração pela UFSM.