

Metodologia motivadora de ensino-aprendizagem visando trabalhar competências de engenharia relacionadas ao desenvolvimento sustentável

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2022.3930

Rafael Amaral Shayani - shayani@unb.br
Universidade de Brasília

Resumo: *As Diretrizes Curriculares Nacionais prescrevem que o egresso de engenharia deve atuar de forma comprometida com o desenvolvimento sustentável, o qual é também um importante tema global e onde a engenharia possui muito espaço para atuação. Uma metodologia de ensino-aprendizagem foi desenvolvida visando motivar os alunos por meio de projetos que promovam o desenvolvimento sustentável, com foco no combate às mudanças climáticas, visto ser um tema multidisciplinar e interdisciplinar, além de diretamente relacionado à engenharia. Elementos de aula expositiva, sala de aula invertida, gamificação, aprendizagem baseada em projetos e revisão por pares são utilizados para que seja construído um ambiente em que o estudante possa florescer suas competências e habilidades de engenharia. O professor atua principalmente como motivador e facilitador do processo, visto que o ensino passa a ser centrado no aluno. A questão ética é também trabalhada dentro da metodologia, a qual foi aplicada à disciplina "Eletricidade Básica" da Universidade de Brasília entre 2019 e 2021. Uma pesquisa realizada com 245 estudantes desta disciplina revelou que 97,3% deles concordaram, parcialmente ou totalmente, que a metodologia permite o desenvolvimento de competências e habilidades de engenharia.*

Palavras-chave: *metodologia de ensino-aprendizagem, aprendizagem baseada em projetos, sala de aula invertida, gamificação, ética*

METODOLOGIA MOTIVADORA DE ENSINO-APRENDIZAGEM VISANDO TRABALHAR COMPETÊNCIAS DE ENGENHARIA RELACIONADAS AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

1 INTRODUÇÃO

Os desafios que o desenvolvimento sustentável traz para a humanidade são formidáveis! É necessário buscar soluções criativas e inovadoras para que uma sociedade socialmente mais justa e em harmonia com o meio ambiente possa ser reestruturada. Nesta arena que nos afigura, a nova geração de engenheiros tem uma grande oportunidade e um relevante papel a desempenhar!

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) consolidam 17 grandes temas que devem ser trabalhados pelos países até 2030 (ONU, 2015). Dentre eles, destaca-se o Combate às Mudanças Climáticas (ODS 13), visto o curto prazo que a sociedade tem para reduzir a emissão de gases de efeito estufa a fim de limitar o aquecimento global em 1,5° C em relação aos níveis pré-revolução industrial. Um dos principais emissores de gases de efeito estufa é o setor energético, por meio da queima de combustíveis fósseis, que são utilizados em setores de geração de eletricidade, industriais e de transporte, entre outros (IPCC, 2021). Nota-se claramente que tanto a geração de energia quanto seu uso estão associados à setores diretamente relacionados à engenharia.

Uma das possibilidades de redução dos gases de efeito estufa é a eletrificação dos processos com utilização de eletricidade gerada por fontes renováveis de energia, tema intrínseco à engenharia. De fato, as Diretrizes Curriculares Nacionais de Engenharia prescrevem que todas as habilitações do curso de Engenharia devem contemplar o conteúdo básico de Eletricidade em sua grade curricular (CNE/CES, 2019).

O presente artigo tem como objetivo apresentar um estudo de caso de metodologia de ensino-aprendizagem visando trabalhar competências e habilidades relacionadas ao desenvolvimento sustentável nos estudantes de engenharia dentro da disciplina obrigatória de *"Eletricidade Básica"*. A metodologia aplicada, além de buscar uma forte formação técnica, visa promover uma educação mais centrada no aluno ao ser motivado a utilizar os conceitos teóricos da disciplina para propor soluções visando o desenvolvimento sustentável da humanidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

As Diretrizes Curriculares Nacionais de Engenharia (DCNs) enfatizam que o engenheiro deve ter forte formação técnica, mas também deve ser holístico e humanista, crítico, reflexivo, criativo, cooperativo e ético; deve ser capaz de reconhecer as necessidades dos usuários, formular, analisar e resolver, de forma criativa, os problemas de Engenharia; deve adotar perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares em sua prática; deve considerar os aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e de segurança e saúde no trabalho; e deve atuar com isenção e comprometimento com a responsabilidade social e com o desenvolvimento sustentável. Além disto, devem ser utilizadas metodologias para aprendizagem ativa, como forma de

promover uma educação mais centrada no aluno, e estimular atividades que articulem simultaneamente a teoria, a prática e o contexto de aplicação (CNE/CES, 2019).

Uma série de relatórios sobre engenharia, publicados pela UNESCO entre 2010 e 2021, abordam a questão da motivação do estudante. O documento publicado em 2010 relata a necessidade de transformar a educação em engenharia, o currículo e os métodos de ensino, visando enfatizar a relevância e a capacidade de solução de problemas da engenharia; a necessidade de aplicar os conceitos estudados em questões globais e desafiadoras, tais como redução da pobreza, desenvolvimento sustentável e mudança climática; e que é importante destacar como a engenharia é parte da solução dos problemas mundiais, como forma de reter a atenção dos estudantes (UNESCO, 2010). O relatório publicado em 2014 alerta que a importante contribuição que a engenharia pode fazer para a sociedade não é suficientemente enfatizada nos cursos, sendo um dos motivos de evasão dos alunos, e que os cursos devem ser reformulados para aumentar a motivação dos estudante (BEANLAND; HADGRAFT, 2014). Já a publicação de 2021 enfatiza a importância da engenharia para o desenvolvimento sustentável, e apresenta a necessidade de abordagens multidisciplinares e interdisciplinares para resolver problemas complicados e complexos, como os apresentados pelos ODSs (UNESCO, 2021).

A motivação é peça-chave no ensino! Um aluno motivado demonstra paixão pelo aprendizado e sede de conhecimento. Inspirado pelas palavras de *Bahá'u'lláh (1817-1892)* e *'Abdu'l-Bahá (1844-1921)*, de que os professores devem chamar os estudantes a *"cuidar zelosamente das necessidades da era em que vivem e concentrar vossas deliberações em suas exigências e seus requisitos"*, a motivação reside no professor, o qual deve envidar esforços para que os alunos *"dediquem suas vidas a assuntos de grande importância e inspirá-los a empreender estudos que beneficiem a humanidade"* (SHAYANI, 2019, 2021b).

A metodologia de ensino-aprendizagem aqui relatada vem sendo aplicada e aperfeiçoada desde 2016 em diversas disciplinas técnicas, tais como Conversão de Energia, Máquinas Elétricas e Planejamento Energético (SHAYANI, 2021a; SHAYANI; VIANA; DE OLIVEIRA, 2018). A experiência, aqui relatada, é baseada na disciplina de *"Eletricidade Básica"*, a qual possui aplicação geral em todos os cursos de engenharia.

3 METODOLOGIA

A metodologia de ensino-aprendizagem desenvolvida, visando trabalhar competências e habilidades relacionadas ao desenvolvimento sustentável em estudantes de engenharia de diversos cursos, *dentro da disciplina obrigatória de "Eletricidade Básica"*, visa essencialmente promover uma educação mais centrada no aluno ao enfatizar a importância do conteúdo técnico apresentado na disciplina para a solução de grandes problemas da humanidade, tanto sociais quanto ambientais, por meio de projetos de engenharia que utilizem eletricidade.

3.1 Elementos motivadores da metodologia

A metodologia desenvolvida e aplicada possui os seguintes elementos motivadores:

Conscientização sobre a importância da engenharia para a sociedade

Muitas vezes os alunos estudam diversos conteúdos técnicos sem uma visão clara de como este conhecimento pode ser aplicado em problemas reais, logo eles se matriculam na disciplina com a expectativa de passar nas provas, e não de efetivamente aprender o

assunto. É necessário resgatar a motivação inicial que os fez escolher engenharia. A leitura e estudo do perfil do egresso, previsto nas DCNs, deve ser realizada no primeiro dia de aula, para que entendam que um engenheiro não é equivalente a um computador, apenas resolvendo equações, mas que também tem características humanas, como visão holística e humanista, e que precisará destas capacidades para propor projetos criativos e inovadores visando o desenvolvimento sustentável da humanidade.

Reconhecimento das necessidades dos usuários

Os ODSs da ONU são apresentados aos alunos como as necessidades dos usuários. A sociedade precisa erradicar a pobreza e a fome, promover a igualdade de gênero, prover água limpa e saneamento, fornecer energia limpa, reduzir desigualdades, estimular cidades sustentáveis, consumo e produção responsáveis, combater as mudanças climáticas, proteger a vida aquática e terrestre, e promover a paz, entre outros nobres objetivos (ONU, 2015). Trata-se de cativar o aluno, pois ele estará sendo chamado a utilizar a teoria que aprenderá na disciplina para propor uma solução criativa para algum destes problemas. Um amplo diálogo com os estudantes sobre como a engenharia pode atuar em cada um dos ODSs deve ser realizado, permitindo que eles tenham voz na sala de aula, e não sejam apenas telespectadores passivos no processo de ensino-aprendizagem.

Consideração de aspectos globais, sociais e ambientais

Como tema transversal da disciplina, o *ODS 13 "ação contra a mudança global do clima"* é apresentado aos estudantes, visto ser um tópico que possui implicações globais e pode ser diretamente relacionado à Eletricidade. Os alunos são chamados a propor soluções criativas de engenharia que, além de reduzir desigualdades, por exemplo, devem também, necessariamente, contribuir para o combate às mudanças climáticas.

3.2 Níveis de entendimento do conteúdo

A metodologia, além de aulas expositivas sobre a ementa (funcionamento de geradores e motores elétricos, transformadores, leis de Faraday e Kirchhoff, cálculo de correntes e impedâncias, etc), visa criar um ambiente onde o aluno se sinta desafiado a aprender, para que possa utilizar este conhecimento teórico em um projeto, concebido inteiramente por ele, motivado por nobres aspirações, e que tenha potencial para impactar positivamente milhares, ou até milhões, de pessoas. A estrutura da disciplina é dividida em três níveis de compreensão do conteúdo, descritos à seguir.

Nível 1: entendimento do conteúdo

Neste nível são utilizados alguns elementos da sala de aula invertida. Cada estudante deve ler o conteúdo da aula com antecedência e enviar um curto resumo ao professor, como comprovação. Assim, ao ter contato com a aula expositiva, ele já terá dúvidas que poderão ser sanadas com a explicação do professor, o qual não fará uma leitura guiada do livro, mas abordará as questões mais abstratas e de entendimento mais difícil. Trata-se de *uma forma de estimular o estudante a "aprender a aprender"*, conforme previsto nas DCNs.

Nível 2: aplicação do conhecimento em ambiente controlado

Para que o estudante possa propor um grande projeto de engenharia, que promova o desenvolvimento sustentável e que possa impactar positivamente a vida das pessoas, ele precisa ganhar confiança no decorrer da disciplina. Isto ocorre por meio da avaliação



formativa e de elementos de gamificação. Os exercícios numéricos relacionados à Eletricidade (cálculo de correntes elétricas, potências, números complexos, fasores, rendimentos, regulações, formas de onda, etc) são apresentadas aos estudantes em formato de fases de um jogo, em que, para passar para a fase seguinte, é necessário ter pontuação mínima na fase anterior, com um período de carência de tempo entre cada tentativa errada. Desta forma, o estudante, ao não conseguir responder o questionário, não será penalizado com uma nota baixa; pelo contrário, ele receberá uma indicação de que precisa estudar mais, e tem a oportunidade de tirar dúvidas com o professor sobre os exercícios antes de fazer uma nova tentativa. Nota-se que, neste formato, o professor deixou de ser a fonte de conhecimento, e passou a ter o papel de tirar as dúvidas dos estudantes, considerando que a consolidação do conhecimento será mais efetiva se o estudante tiver uma dúvida a ser sanada ao invés do professor apresentar, de forma expositiva, uma longa quantidade de informações técnicas sem que o aluno entenda a importância deste conhecimento. É requisito obrigatório que os estudantes passem com nota mínima em todos os questionários antes de apresentar o projeto, visto que eles precisam dominar o conteúdo da disciplina, testando em um ambiente controlado, onde o resultado dos problemas é conhecido, para somente então se aventurar a propor uma solução criativa, inovadora, onde o resultado não é previamente conhecido.

Nível 3: aplicação do conhecimento em ambiente real

Após o aluno estudar o material com antecedência, aprofundar seu entendimento por meio das aulas, treinar a resolução de exercícios visando identificar dúvidas e tirá-las com o auxílio do professor, ele estará apto a, efetivamente, demonstrar que entendeu o conteúdo ao aplicá-lo em um projeto desafiador. Neste nível, elementos de aprendizagem baseada em projetos é utilizada.

3.3 Pontos de controle do projeto a ser desenvolvido pelos alunos

Visando estimular o trabalho em equipe, os alunos formam grupos pequenos para elaborar o projeto, considerando três pontos de controle distintos, descritos à seguir.

Ponto de controle 1: definição do tema

A começar do primeiro dia de aula até aproximadamente 3 semanas, cada grupo deve definir o tema que será desenvolvido em seu projeto, juntamente com os ODSs que serão atendidos. As únicas diretrizes que os alunos recebem é que deve ser um projeto de engenharia que necessariamente utilize eletricidade (para ter aderência à ementa da disciplina), deve promover o desenvolvimento sustentável, deve combater as mudanças climáticas e deve impactar milhares, ou até milhões, de pessoas (visto que um projeto de pequenas dimensões pode ter solução trivial e não se mostrar desafiador). É neste momento que os estudantes são estimulados a trabalhar as competências de criatividade e inovação.

Ponto de controle 2: Entrega de esboço do projeto com avaliação formativa

Visando promover uma avaliação formativa, é importante que os alunos recebam um comentário prévio de seu projeto antes da apresentação final, para que haja tempo hábil para corrigir eventuais erros conceituais e, se necessário, aperfeiçoar a proposta. Aproximadamente no meio do semestre, os grupos devem entregar um esboço escrito do projeto, contendo, necessariamente, a contextualização de onde será aplicado e a comunidade que será beneficiada. Nesta etapa, os estudantes, ao invés de fazerem



projetos genéricos, devem escolher localidades existentes, populações reais, onde o projeto poderia ser implantado. Desta forma, eles poderão estimar parâmetros de engenharia reais necessários para o projeto, ao invés de receber todos os dados prontos em um enunciado de prova e somente aplicar uma fórmula. A liberdade para escolher os parâmetros do projeto auxiliam na criatividade e inovação também. Como parte técnica, o esboço deve conter os cálculos de potência e energia elétrica da aplicação, que podem ser calculados a partir de fórmulas simples de física, logo não depende ainda do conteúdo da disciplina, a qual está em andamento. O esboço já apresentará a ordem de grande elétrica da aplicação proposta. O professor, então, fará comentários no texto escrito e devolverá ao grupo.

Ponto de controle 3: Apresentação do projeto e revisão por pares (peer review)

Como etapa final, cada grupo deverá entregar um relatório escrito, onde as equações estudadas na disciplina deverão ser aplicadas ao projeto escolhido pelo grupo (cálculo de potência e corrente, modelagem da carga como uma impedância, definição se o sistema elétrico será monofásico, bifásico ou trifásico, se precisará de transformador, dimensionamento do banco de capacitores para correção do fator de potência, etc) juntamente com uma apresentação gravada de até 10 minutos. Todos os alunos devem assistir à apresentação dos colegas e, neste momento, possuem também participação ativa. É explicado aos alunos que, uma forma de avaliar se conseguiu realmente entender o conteúdo técnico da disciplina é tentar avaliar a precisão técnica dos trabalhos apresentados pelos colegas. O seguinte cenário é montado: "considere que todos os alunos da turma são engenheiros formados e que o(a) diretor(a) da empresa onde você trabalha assistirá à uma apresentação de uma solução que visa atender determinada demanda da sociedade. O(a) diretor(a) pede que você, do setor de engenharia, o(a) acompanhe, para emitir uma opinião técnica sobre a solução apresentada". Após cada apresentação, as seguintes perguntas devem ser respondidas por cada aluno individualmente:

- Você entendeu a proposta apresentada?
- Você entendeu como foram realizados os cálculos de potência elétrica e energia elétrica da referida aplicação?
- Você entendeu como o sistema elétrico foi dimensionado?
- Quais são suas impressões a respeito do projeto apresentado? Por quê? Justifique sua resposta. Apresente pontos positivos e pontos que podem ser melhorados. Considere em sua resposta a questão elétrica do projeto.

Ao final da apresentação, as respostas dos colegas são consolidadas de forma anônima e encaminhadas ao grupo que fez a apresentação, como avaliação dos pares.

3.4 Avaliação final da disciplina e a questão ética

A absorção do conteúdo técnico ocorre durante todo o decorrer da disciplina em um formato sem provas, visando inclusive preservar a saúde mental do estudante, pois ele não será avaliado somente em um momento específico. Espera-se que o estudante motiva-se aos estudos para poder aplicar o conhecimento em um projeto nobre, de sua autoria, e precisa demonstrar conhecimento ao passar por uma série de questionários gamificados, recebendo avaliações formativas que o auxiliam a suprir eventuais lacunas no entendimento dos conteúdos técnicos. Ele identifica uma necessidade dos usuários relacionada ao desenvolvimento sustentável, elabora um pré-projeto, recebe comentários do professor a respeito, elabora um projeto mais completo contendo todo o equacionamento elétrico pertinente, escreve um memorial de cálculo, apresenta o projeto para o professor e

para os colegas, e recebe comentários de seus colegas sobre os aspectos técnicos da solução proposta.

Após passar por este processo, entende-se que o aluno efetivamente absorveu o conteúdo da disciplina e merece aprovação. Neste momento final, mais uma importante competência de engenharia é trabalhada: a postura ética. É solicitado que cada aluno, individualmente, faça uma autoavaliação crítica, refletindo sobre como aproveitou a metodologia de ensino-aprendizagem para desenvolver as competências e habilidades da engenharia, ao mesmo tempo em que aprofundava seus conhecimentos sobre a disciplina, indicando, de forma sincera, a nota que considera justa para o seu projeto, levando em consideração a qualidade do trabalho escrito, a qualidade da apresentação, o respeito ao tempo disponibilizado, a qualidade dos argumentos técnicos utilizados para justificar a escolha feita, o atendimento aos requisitos propostos e os comentários dos colegas e do professor. A questão ética é enfatizada neste momento, alertando que a sociedade precisa de profissionais éticos que façam o correto, e que não tentem superfaturar obras, orçamentos, ou até mesmo notas. O combinado é que a nota indicada pelo aluno será a nota creditada ao projeto, depositando uma responsabilidade moral ao aluno. Trata-se de uma forma de enfatizar a questão ética, que muitas vezes não tem oportunidade de ser trabalhada em uma disciplina teórica de cunho técnico.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados aqui apresentados correspondem à aplicação da metodologia de ensino-aprendizagem relatada *na disciplina obrigatória "Eletricidade Básica", de 60 horas*, ministrada para estudantes de Engenharia Ambiental (6^o período), Engenharia Civil (8^o período), Engenharia Mecânica (6^o período) e Engenharia Química (5^o período) da Universidade de Brasília, entre 2019 e 2021. Os pré-requisitos são Cálculo 3 e Introdução à Álgebra Linear. A Tabela 1 apresenta a quantidade de alunos submetidos à metodologia.

Tabela 1 - Quantidade de alunos submetidos à metodologia.

Semestre	Quantidade de alunos
2 ^o /2019	20 (1 turma)
1 ^o /2020	21 (1 turma)
2 ^o /2020	62 (2 turmas)
1 ^o /2021	63 (2 turmas)
2 ^o /2021	79 (2 turmas)
Total:	245

Fonte: autoria própria.

Nota-se que tal metodologia foi aplicada tanto no ensino presencial (2019) quanto no ensino remoto (2020 e 2021) por decorrência da pandemia do Coronavírus. Em verdade, tal metodologia foi potencializada pelo ensino remoto pois, ao considerar a educação centrada no estudante, mostrou-se diretamente compatível com o ensino remoto assíncrono.

A Tabela 2 apresenta os temas propostos pelos estudantes nas duas turmas ofertadas no segundo semestre de 2021, juntamente com o ODS com a qual ele mais se relaciona. Naturalmente, alguns projetos podem se relacionar com diversos ODSs simultaneamente.

Tabela 2 – Temas propostos pelos estudantes.

ODS relacionado	Tema do projeto
ODS 1 Erradicação da pobreza	<ul style="list-style-type: none"> Abastecimento por energia solar de comunidades ribeirinhas
ODS 2 Fome zero e agricultura sustentável	<ul style="list-style-type: none"> Capina elétrica Sistema de irrigação através de bomba alimentada por energia eólica Usina de biomassa alimentada por resíduos agrícolas Energia solar para armazenamento de alimentos em zona rural Irrigação de horta pedagógica com energia limpa
ODS 3 Saúde e bem-estar	<ul style="list-style-type: none"> Geração de eletricidade por meio de incentivos à prática de exercícios físicos Dessalinização da água do mar Purificação de água por processo eletroquímico Uso de energia solar para funcionamento de ventiladores pulmonares
ODS 6 Água potável e saneamento	<ul style="list-style-type: none"> Geração de energia limpa para estação elevatória de esgoto
ODS 7 Energia limpa e acessível	<ul style="list-style-type: none"> Hidrogênio verde para geração emergencial de eletricidade Abastecimento de energia elétrica para uma escola por meio de biodigestores
ODS 8 Trabalho decente e crescimento econômico	<ul style="list-style-type: none"> Sistema fotovoltaico para central de reciclagem
ODS 9 Indústria, inovação e infraestrutura	<ul style="list-style-type: none"> Sistema de bombas para drenagem urbana Trens elétricos Alimentação de indústria siderúrgica para fabricação de aço para construção civil a partir de energia solar
ODS 11 Cidades e comunidades sustentáveis	<ul style="list-style-type: none"> Geração de eletricidade a partir de resíduos sólidos urbanos Produção de gasolina sintetizada com energia limpa utilizando hidrogênio verde Armazenamento de energia em hidrogênio para Meios de Transporte Geração de energia por biogás em estação de tratamento de esgoto Bicicleta Elétrica
ODS 12 Consumo e produção responsáveis	<ul style="list-style-type: none"> Reutilização de água cinza em condomínios
ODS 13 Ação contra a mudança global do clima	Abordada de forma transversal em todos os projetos
ODS 14 Vida na água	<ul style="list-style-type: none"> Máquina recolhadora de plástico em rio poluído Barco movido à energia eólica que recolhe lixo do mar

Fonte: autoria própria.

Os projetos apresentados possibilitam diversas reflexões. A liberdade concedida ao aluno para escolher a necessidade do usuário que considera mais importante permite que a disciplina aborde uma vasta gama de aplicações, vislumbrando aos estudantes as diversas formas em que a engenharia pode atuar no desenvolvimento sustentável. Este ponto se mostrou útil para uma disciplina básica como Eletricidade, pois pode-se notar que há projetos relacionados com engenharias ambiental, civil, mecânica e química, permitindo

que o conteúdo teórico básico tivesse relação direta com a área de formação do estudante, o que também aumenta sua motivação para os estudos.

Em todos os temas, os alunos tiveram que realizar os cálculos elétricos aprendidos na disciplina. É como se cada grupo tivesse recebido uma prova com enunciado diferente, para resolver, sem possibilidade de cola, visto que seu projeto é diferente dos colegas. Além dos alunos terem um enunciado motivador, pois foi elaborado por eles mesmos com base em uma aplicação nobre, torna-se mais efetivo do que a aplicação de provas diferentes visando reduzir a cola. Além disto, o aluno sente-se motivado a estudar o conteúdo da disciplina, pois deseja realizar os cálculos corretos para que seu projeto possa ser tecnicamente viável. Este aspecto foi identificado na apresentação oral, onde os estudantes se esmeram para causar boa impressão em seus colegas.

Na autoavaliação (prova de ética), após receber os comentários do professor e dos colegas (*peer review*), eles responderam às questões listadas à seguir, relacionadas ao desenvolvimento de capacidades e habilidades de engenharia. As respostas estão apresentadas na Tabela 3.

- 1) Aproveitei ao máximo a oportunidade proporcionada pela elaboração do projeto para desenvolver visão holística e humanista, ser crítico, reflexivo, criativo, cooperativo e ético e com forte formação técnica.
- 2) Aproveitei ao máximo a oportunidade proporcionada pela elaboração do projeto para desenvolver a aptidão de pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias, com atuação inovadora e empreendedora.
- 3) Aproveitei ao máximo a oportunidade proporcionada pela elaboração do projeto para reconhecer as necessidades dos usuários, formular, analisar e resolver, de forma criativa, os problemas de Engenharia.
- 4) Aproveitei ao máximo a oportunidade proporcionada pela elaboração do projeto para adotar perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares em sua prática.
- 5) Aproveitei ao máximo a oportunidade proporcionada pela elaboração do projeto para considerar os aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e de segurança e saúde no trabalho.
- 6) Aproveitei ao máximo a oportunidade proporcionada pela elaboração do projeto para atuar com isenção e comprometimento com a responsabilidade social e com o desenvolvimento sustentável.

Tabela 3 – Resposta dos alunos sobre o desenvolvimento de capacidades e habilidades de engenharia na metodologia aplicada – n = 245 alunos.

	Resposta 1 [%]	Resposta 2 [%]	Resposta 3 [%]	Resposta 4 [%]	Resposta 5 [%]	Resposta 6 [%]
Concordo totalmente	66,9	74,7	77,6	63,7	66,1	83,7
Concordo parcialmente	31,8	22,9	19,6	31,8	30,2	15,1
Nem concordo nem discordo	0,8	2,0	2,9	4,5	2,9	0,8
Discordo parcialmente	0,4	0,4	0,0	0,0	0,8	0,4
Discordo totalmente	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL	100	100	100	100	100	100

Fonte: autoria própria.

Ao analisar as respostas dos alunos, pode-se notar que todas as competências e habilidades previstas nas DCNs foram, de alguma forma, trabalhadas pelos estudantes, e que 97,3% dos alunos concordaram (parcialmente ou totalmente) que a metodologia permite o desenvolvimento de competências e habilidades de engenharia. A competência

mais trabalhada foi a de comprometimento com a responsabilidade social e com o desenvolvimento sustentável; já a competência menos trabalhada, mas ainda assim com elevada concordância dos estudantes, foi a adoção de perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares em sua prática.

5 CONCLUSÕES

O presente artigo apresentou uma experiência de sala de aula que se baseou na premissa de que se deve motivar o estudante para ele aproveitar, de forma mais consciente, as aulas, e que a melhor motivação é desafiá-lo a aplicar os conceitos teóricos previstos na ementa da disciplina na concepção de um grande projeto de engenharia, que possa impactar positivamente milhares, até milhões de pessoas, e que contribua com temas nobres, alinhados aos ODSs da ONU.

A metodologia de ensino-aprendizagem agregou elementos de aulas expositivas, de sala de aula invertida, de aprendizagem baseada em projetos, de gamificação e de revisão por pares, de forma a criar um ambiente em que cada aluno se sinta estimulado a estudar, possa florescer suas competências e habilidades de engenharia, e que não tenha medo de errar, pois receberá uma avaliação formativa por parte do professor, o qual passa a ser um facilitador do aprendizado, e não mais o centro do processo. Tal metodologia enfocou também o ensino centrado no estudante e a importância da contextualização do conteúdo teórico, conforme prescrito pelas DCNs, para que os estudantes possam ter um contato maior com os problemas reais da sociedade e as possibilidades que a engenharia fornece de construção de um futuro mais sustentável.

Por meio de uma autoavaliação realizada com 245 alunos em 5 semestres seguidos de aplicação da *metodologia na disciplina "Eletricidade Básica" da Universidade de Brasília*, registrou-se a concordância de 97,3% dos estudantes, os quais conseguiram trabalhar diversas competências e habilidades de engenharia por meio da metodologia aplicada.

Por fim, este relato de experiência visa demonstrar que é possível ensinar conceitos teóricos de engenharia por meios diferentes da aula expositiva, e trabalhar diversas competência e habilidades de engenharia tendo como pano de fundo o desenvolvimento sustentável e a importância da postura ética. Como sugestão de trabalho futuro, pode-se tentar integrar a metodologia proposta à inserção curricular da extensão, visto que já há protagonismo estudantil e contato (no momento, apenas unilateral) com a comunidade.

REFERÊNCIAS

BEANLAND, David; HADGRAFT, Roger. **Engineering Education: Transformation and Innovation**. [s.l: s.n.].

CNE/CES. **RESOLUÇÃO CNE/CES 2, DE 24 DE ABRIL DE 2019. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia**. [s.l: s.n.].

IPCC. **IPCC's Sixth Assessment Report Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**. [s.l: s.n.].

ONU. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <http://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 20 jul. 2018.

SHAYANI, Rafael Amaral. O papel crucial dos professores para conter a emergência climática. **Agência UnB**, Brasília-DF, 2019. Disponível em: <https://noticias.unb.br/artigos-main/3777-o-papel-crucial-dos-professores-para-conter-a-emergencia-climatica>.

SHAYANI, Rafael Amaral. O despertar da automotivação nos estudantes por meio de aprendizagem baseada em projetos com foco nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. *In: ANAIS DO XLIX CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA 2021a, Anais [...].* : Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2021. DOI: 10.37702/cobenge.2021.3532. Disponível em: http://www.abenge.org.br/sis_submetidos.php?acao=abrir&evento=COBENGE21&codigo=COBENGE21_00243_00003532.pdf.

SHAYANI, Rafael Amaral. A Universidade como peça-chave para suprir a lacuna de capacitação relacionada ao combate à mudança climática. **Agência UnB**, Brasília-DF, 2021. b. Disponível em: <https://noticias.unb.br/artigos-main/5389-a-universidade-como-peca-chave-para-suprir-a-lacuna-de-capacitacao-relacionada-ao-combate-a-mudanca-climatica>.

SHAYANI, Rafael Amaral; VIANA, Dianne Magalhaes; DE OLIVEIRA, Marco Aurélio Gonçalves. Teaching electric machines using project based learning focusing in solutions to real problems of mankind. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PROJECT APPROACHES IN ENGINEERING EDUCATION 2018, Anais [...].* [s.l: s.n.] UNESCO. **Engineering: Issues, Challenges and Opportunities for Development.** [s.l: s.n.].

UNESCO. **Engineering for sustainable development: delivering on the Sustainable Development Goals.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375644.locale=en>.

TEACHING-LEARNING MOTIVATIONAL APPROACH AIMING TO DEVELOP ENGINEERING SKILLS RELATED TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Abstract: *The National Curricular Guidelines prescribe that engineering graduates must act in a way that is committed to sustainable development, which is also an important global issue and has a lot of room for engineering action. A teaching-learning approach was developed to motivate students through projects that promote sustainable development, with a focus on combating climate change, as it is a multidisciplinary and interdisciplinary topic, in addition to being directly related to engineering. Elements of expository classes, flipped classroom, gamification, project-based learning and peer review are used to build an environment in which the student can flourish their engineering skills and abilities. The Professor acts mainly as a motivator and facilitator of the process, since teaching becomes student-centered. Ethics issues are covered too. This methodology has been applied to the discipline "Basic Electricity" at Universidade de Brasília between 2019 and 2021. A survey carried out with 245 students of this discipline revealed that 97.3% of them agreed, partially or totally, that the methodology allows the development of skills and abilities of engineering.*

Keywords: *Teaching-learning approach, project-based learning, flipped classroom, gamification, ethics*