

O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS NO PROJETO DE UMA USINA DE TRATAMENTO DE DEJETOS NO CONTEXTO DO GLOBAL CHALLENGES SCHOLARS PROGRAM

Vitória Bento Botelho ¹; Octavio Mattasoglio Neto ²; João de Sá Brasil Lima ²

¹ Aluno de Iniciação Científica da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT);

² Professor da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT).

Resumo. *Esse trabalho é o relatório final de Projeto de Iniciação Científica, envolvendo o projeto de uma usina de dejetos no contexto implementação do Global Challenges Scholars Program (GCSP) em uma Instituição de Ensino Superior. O CCSP é um programa criado pela National Academy of Engineering (NAE) em 2008 para ser implementado em Instituições de Ensino Superior ao redor do mundo. Esse programa tem a intenção de desenvolver cinco (5) competências em alunos de engenharia que possibilitam ao mesmo a formação de um engenheiro global, ou seja, um profissional preocupado com a sociedade como um todo e capacitado para resolver os problemas do século XXI. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo verificar o alinhamento das DCNs de Engenharia com o GCSP e elaborar o projeto de uma usina de tratamento de lodo de esgoto para, em seguida, identificar as possíveis competências que seriam desenvolvidas pelos alunos ao realizarem um projeto como este. A importância desse trabalho se deve a implementação do GCSP em uma Instituição de Ensino Superior, já que esse projeto pode servir como base para muitos outros que serão ministrados pelo GCSP.*

Introdução

O CCSP é um programa criado pela *National Academy of Engineering* (NAE) em 2008 para ser implementado em Instituições de Ensino Médio e Superior ao redor do mundo. Qualquer instituição que siga as exigências do GCSP poderá participar. Este programa atua em 4 grandes áreas: sustentabilidade, segurança, saúde e alegria de viver. Todas consideradas igualmente importantes para serem estudadas pela engenharia para garantir a continuidade da vida na Terra. Foram selecionados quatorze (14) desafios globais da engenharia relacionados com as grandes áreas para serem solucionados ao longo deste século. O objetivo deste programa é desenvolver, através da busca por soluções para os desafios, cinco (5) competências em alunos de engenharia as quais possibilitam que o mesmo se torne um engenheiro global. O GCSP aponta as cinco competências a seguir como essenciais para que os alunos tenham as ferramentas necessárias para lidar com esses desafios globais: competência de talentos, competência multidisciplinar, competência de viabilidade de negócios, competência multicultural e competência de consciência social.

Para o aluno desenvolver as competências esperadas, a escola pode escolher diferentes métodos, contanto que levem em consideração o desenvolvimento de um projeto relacionado aos desafios. Para facilitar o ingresso de Instituição de Ensino neste programa, foi realizado, inicialmente a identificação e comparação das competências das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) de engenharia com as competências do GCSP. A importância dessa comparação está no fato de que hoje, no Brasil, existe a necessidade de implantação das DCNs, ademais há escolas que têm interesse em ingressar no GCSP, e a comparação das competências desses dois instrumentos, pode dar subsídio para a implantação de ambas.

Em seguida, foi criado um projeto para servir de modelo para a identificação das possíveis competências desenvolvidas por alunos ao realizarem um projeto como este. Foi escolhido o desenvolvimento de uma usina de tratamento de lodo de esgoto, devido a relevância do assunto por se tratar de um problema ambiental, o qual é o destino final de resíduos gerados pelo homem.

O objetivo deste trabalho é validar a implementação do programa GCSP em Instituições de Ensino do Brasil. O capital humano é de grande importância para o desenvolvimento econômico e social e, por esse motivo, é fundamental sempre procurar evoluir na formação desse recurso humano.

Material e Métodos

O primeiro método de pesquisa escolhido para a realização deste trabalho de iniciação científica foi o de análise documental. Essa técnica busca apontar informações de veracidade constatada em documentos a partir de questionamentos e hipóteses de interesse da pesquisa a ser realizada (CAULLEY, 1983). Além disso, apresenta importância ímpar na abordagem de dados qualitativos enriquecendo as informações obtidas por outras técnicas e desvendando novas faces de um tema ou problema.

Para a primeira parte deste projeto foram levantadas as competências das DCNs de engenharia, atualizadas em 2019, junto com as cinco competências requeridas pelo programa GCSP. Ambas foram analisadas e comparadas para localizar seus pontos de encontro e divergência. Construiu-se um quadro comparativo que será apresentado e discutido nos próximos itens. A partir da referência de competências do GCSP o que se fez foi identificar nas oito competências das DCNs para os cursos de engenharia e suas subdivisões, em qual das competências do GCSP elas se encaixavam por afinidade de propósito.

Na segunda parte do trabalho, foram levantadas informações sobre a usina Omniprocessor, criada pela empresa Janicki Bioenergy e financiada pelo empresário e filantropo Bill Gates. Como o material fornecido pela empresa sobre o funcionamento desta usina é limitado, foi necessário um estudo sobre a área de energia e fluidos para elaborar a modelagem da usina. Em seguida, foi utilizado o software *Engineering Equation Solver* (EES) para esquematizá-la com a discriminação correta dos componentes da planta e os respectivos estados termodinâmicos.

Resultados e Discussão

Foi possível observar através de diversas pesquisas que a ideia de competência na literatura apresenta diferentes níveis de compreensão dependendo da área em que se está estudando, mas que, no geral indica uma pessoa qualificada para realizar uma certa atividade. As competências dependem do contexto, apenas o conhecimento de um indivíduo não configura a ideia de competência a não ser que sejam comunicados e utilizados.

As exigências impostas ao engenheiro do século XXI, tanto profissionalmente quanto socialmente estão sofrendo mudanças em decorrência das alterações do mercado de trabalho e da sociedade. Um exemplo é o empenho em criar e melhorar processos sustentáveis, visando uma melhor qualidade de vida da população (CARVALHO & TONINI, 2017). Com essa abordagem de ensino é possível uma aprendizagem em ritmo individualizado, podendo ocorrer muitas vezes com maior velocidade do que noutra sem essa abordagem. Além disso, o aluno consegue desenvolver as habilidades exigidas pelo mercado de trabalho durante o curso. A forma de conduzir bem a vida social e profissional dependem da capacidade do indivíduo de resolver problemas cotidianos. Dessa forma, é possível perceber que uma competência não pode ser transmitida, mas sim desenvolvida.

As competências das DCNS se preocupam com o processo de aprendizagem, ou seja, em proporcionar ferramentas para o aluno desenvolver as habilidades e competências necessárias para sua vida profissional como engenheiro. As competências do GCSP estão focadas em formar engenheiros que se preocupem com a continuidade de vida no planeta e com a qualidade da mesma. O processo do GCSP ocorre com a abordagem de problemas, criação de produtos e/ou empresas, enquanto as DCNs proporcionam a fundação do curso de engenharia. Desse modo, ambas têm a mesma intenção de melhorar a forma como é abordada a engenharia tanto

em seu ensino quanto na sua parte de desenvolver novas ideias, mas não possuem o mesmo foco. Analisando-as pode-se perceber similaridades nas ideias. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos dessa comparação.

A seguir estão listadas as oito competências indicadas nas DCNs de engenharia (ABENGE, 2019) homologadas em 2019.

- I. formular e conceber soluções desejáveis de engenharia, analisando e compreendendo os usuários dessas soluções e seu contexto: a) ser capaz de utilizar técnicas adequadas de observação, compreensão, registro e análise das necessidades dos usuários e de seus contextos sociais, culturais, legais, ambientais e econômicos; b) formular, de maneira ampla e sistêmica, questões de engenharia, considerando o usuário e seu contexto, concebendo soluções criativas, bem como o uso de técnicas adequadas.
- II. analisar e compreender os fenômenos físicos e químicos por meio de modelos simbólicos, físicos e outros, verificados e validados por experimentação:
 - a) ser capaz de modelar os fenômenos, os sistemas físicos e químicos, utilizando as ferramentas matemáticas, estatísticas, computacionais e de simulação, entre outras.
 - b) prever os resultados dos sistemas por meio dos modelos;
 - c) conceber experimentos que gerem resultados reais para o comportamento dos fenômenos e sistemas em estudo;
 - d) verificar e validar os modelos por meio de técnicas adequadas.
- III. conceber, projetar e analisar sistemas, produtos (bens e serviços), componentes ou processos:
 - a) ser capaz de conceber e projetar soluções criativas, desejáveis e viáveis, técnica e economicamente, nos contextos em que serão aplicadas;
 - b) projetar e determinar os parâmetros construtivos e operacionais para as soluções de Engenharia;
 - c) aplicar conceitos de gestão para planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de Engenharia.
- IV. implantar, supervisionar e controlar as soluções de Engenharia:
 - a) ser capaz de aplicar os conceitos de gestão para planejar, supervisionar, elaborar e coordenar a implantação das soluções de Engenharia.
 - b) estar apto a gerir, tanto a força de trabalho quanto os recursos físicos, no que diz respeito aos materiais e à informação;
 - c) desenvolver sensibilidade global nas organizações;
 - d) projetar e desenvolver novas estruturas empreendedoras e soluções inovadoras para os problemas;
 - e) realizar a avaliação crítico-reflexiva dos impactos das soluções de Engenharia nos contextos social, legal, econômico e ambiental.
- V. comunicar-se eficazmente nas formas escrita, oral e gráfica:
 - a) ser capaz de expressar-se adequadamente, seja na língua pátria ou em idioma diferente do Português, inclusive por meio do uso consistente das tecnologias digitais de informação e comunicação (TICs), mantendo-se sempre atualizado em termos de métodos e tecnologias disponíveis.
- VI. trabalhar e liderar equipes multidisciplinares:
 - a) ser capaz de interagir com as diferentes culturas, mediante o trabalho em equipes presenciais ou a distância, de modo que facilite a construção coletiva;
 - b) atuar, de forma colaborativa, ética e profissional em equipes multidisciplinares, tanto localmente quanto em rede;
 - c) gerenciar projetos e liderar, de forma proativa e colaborativa, definindo as estratégias e construindo o consenso nos grupos; PROCESSO Nº: 23001.000141/2015-11 Antonio Freitas e outros – 0141 38;

d) reconhecer e conviver com as diferenças socioculturais nos mais diversos níveis em todos os contextos em que atua (globais/locais); e) preparar-se para liderar empreendimentos em todos os seus aspectos de produção, de finanças, de pessoal e de mercado.

VII. conhecer e aplicar com ética a legislação e os atos normativos no âmbito do exercício da profissão:

a) ser capaz de compreender a legislação, a ética e a responsabilidade profissional e avaliar os impactos das atividades de Engenharia na sociedade e no meio ambiente;

b) atuar sempre respeitando a legislação, e com ética em todas as atividades, zelando para que isto ocorra também no contexto em que estiver atuando; e

VIII. aprender de forma autônoma e lidar com situações e contextos complexos, atualizando-se em relação aos avanços da ciência, da tecnologia e aos desafios da inovação:

a) ser capaz de assumir atitude investigativa e autônoma, com vistas à aprendizagem contínua, à produção de novos conhecimentos e ao desenvolvimento de novas tecnologias.

b) aprender a aprender. Parágrafo único. Além das competências gerais, devem ser agregadas as competências específicas de acordo com a habilitação ou com a ênfase do curso.

A seguir estão as cinco competências que o GCSP aponta como essenciais para os alunos terem as ferramentas necessárias para lidar com esses desafios globais:

I. Competência Técnica: pesquisa mentorada em um tópico semelhante ao Grande Desafio.

II. Competência de Multidisciplinaridade: compreensão da multidisciplinaridade das soluções de sistemas de engenharia, acontece quando o estudante trabalha na fronteira de disciplinas de Engenharia.

III. Competência Viabilidade econômica e Empreendedorismo: entendimento, de preferência desenvolvido por meio da experiência, da necessidade de um modelo de negócios viável para a implementação da solução.

IV. Competência Multiculturalidade: entender diferentes culturas, de preferência através de experiências multiculturais, para garantir a aceitação cultural das soluções de engenharia propostas.

V. Competência de Consciência Social: compreendendo que as soluções de engenharia devem servir principalmente as pessoas e a sociedade, refletindo a consciência social.

A partir da referência de competências do GCSP o que se fez foi identificar nas oito competências das DCNs para os cursos de engenharia e suas subdivisões, em qual das competências do GCSP elas se encaixavam por afinidade de propósito.

Tabela 1 – Comparação das competências do GCSP com as DCNs de engenharia.

Competências do GCSP	1	2	3	4	5
Competências das DCNs	2b	2	3	6	1
	2c	2a	3a	6a	1b
	2d	4b	3c	6b	4c
	3b	4d	4	6d	4e
	8a	6c	4a	4c	7
	5	6e	1a	4e	7a
	5a	8	5	7	7b
	8b	5	5a	7a	1a
		8b	8b	7b	5a
				1a	8b
				5	
				5a	
				8b	

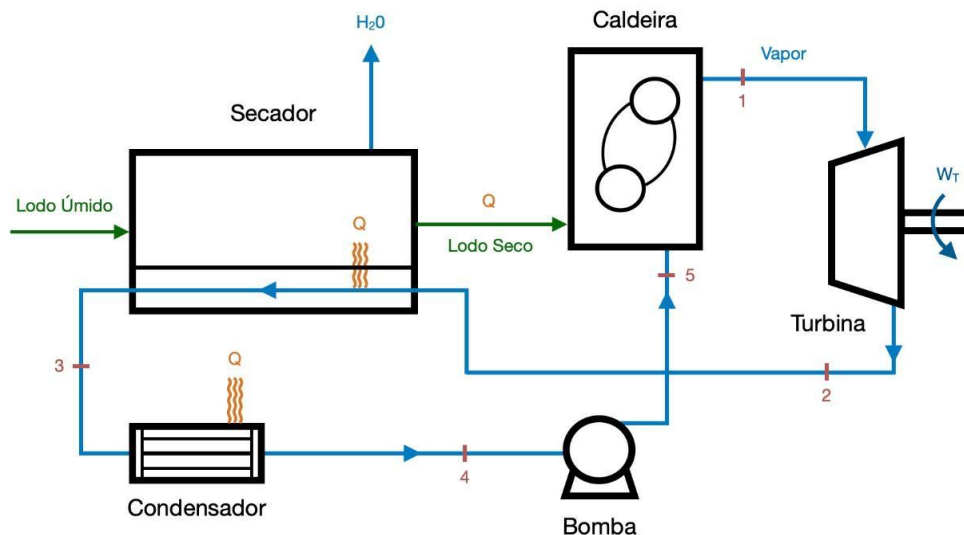
As competências das DCNs se preocupam com o processo de aprendizagem, ou seja, em proporcionar ferramentas para o aluno desenvolver as habilidades e competências necessárias para sua vida profissional como engenheiro. As competências do GCSP estão focadas em formar engenheiros que se preocupem com a continuidade de vida no planeta e com a qualidade da mesma. O processo do GCSP ocorre com a abordagem de problemas, criação de produtos e/ou empresas, enquanto as DCNs proporcionam a fundação do curso de engenharia. Desse modo, ambas têm a mesma intenção de melhorar a forma como é abordada a engenharia tanto em seu ensino quanto na sua parte de desenvolver novas ideias, mas não possuem o mesmo foco. Analisando-as pode-se perceber similaridades nas ideias.

Feito o alinhamento das competências do programa GCSP com as DCNs, a elaboração da usina foi iniciada. A escolha desse projeto foi pensada para se alinhar com duas grandes áreas do GCSP: sustentabilidade e *joy of living*. A parte da sustentabilidade é devido ao debate atual sobre os problemas ambientais e um dos mais preocupantes é o destino de resíduos gerados pelo homem em todo o mundo. O manejo adequado do lodo de esgoto tornou-se um desafio para profissionais da área, pois a disposição final desse resíduo tornou-se um dos problemas ambientais urbanos mais relevantes da atualidade, tanto pelas toneladas geradas diariamente quanto pela falta de padronização dessa matéria. Já o *joy of living* se encaixa com a preocupação em melhorar a qualidade de vida das pessoas que sofrem com a falta de tratamento dos esgotos e condições adequadas de saneamento ficando sujeitas à inúmeras doenças parasitárias e infecciosas.

A primeira etapa da modelagem da usina consiste em esquematizá-la com a discriminação correta dos componentes da planta e os respectivos estados termodinâmicos. Para isso, foi realizada uma pesquisa sobre o Omniprocessor, a usina de tratamento de lodo de esgoto, criada pela Janicki Bioenergy. O material divulgado pela empresa em relação à usina é pequeno, por isso serviu apenas como inspiração inicial para a base do projeto, pois foi necessário todo o desenvolvimento de cálculos do zero. A usina consiste, basicamente de um ciclo Rankine com os quatro componentes fundamentais – caldeira, turbina a vapor, condensador e bomba – onde no condensador, a rejeição de calor ocorre para um secador de lodo. O lodo, entra no secador na sua forma bruta, isto é, mistura de lodo com água.

O calor rejeitado do ciclo Rankine irá aquecer o lodo de forma a evaporar a água presente nele. Esta água será condensada e purificada de modo a se tornar potável. Já o lodo seco, segue para a caldeira para ser utilizado como combustível na geração de vapor. Além dos componentes já mencionados, coloca-se um outro condensador porque o calor rejeitado no secador é maior do que o necessário para evaporar toda a água contida no lodo, o que ficará comprovado na modelagem matemática apresentada a seguir. Sendo assim, esse excesso de calor deve ser rejeitado. Um esquema da planta é exibido abaixo.

Figura 1 - Modelo da usina de tratamento de lodo de esgoto



Na segunda etapa foi necessário realizar uma pesquisa sobre as propriedades do lodo de esgoto, que é constituído, em sua maioria, por bactérias. O poder calorífico inferior (PCI) do lodo seco é o dado mais importante para os cálculos, pois é com ele que é possível determinar a potência calorífica para a geração de energia.

A terceira etapa consiste na pesquisa do conteúdo de energia e fluidos da Engenharia Mecânica, mais especificamente, conservação de massa e as leis da termodinâmica. Com esse estudo é possível escrever as equações para montar o sistema.

Em seguida, na quarta etapa as equações apresentadas foram implementadas no *software Engineering Equation Solver* (EES) para solução do sistema e cálculo da potência líquida. Com os cálculos realizados pelo EES foi possível descobrir a vazão mássica de água, a potência da turbina, a potência da bomba e a líquida gerada pela usina e a eficiência da usina.

A quinta e última etapa, consiste na avaliação econômica do projeto, tendo em vista que a finalidade da usina é criar um sistema de reuso que diminua os gastos em países em desenvolvimento, já que os mesmos custam muito e melhorar a qualidade de vida de pessoas que vivem nesses lugares, uma vez que boa parte das doenças é causada pelo consumo de água suja.

Na tabela a seguir é possível observar as competências do GCSP desenvolvidas durante as etapas de elaboração da usina.

Tabela 2 – Competências do GCSP desenvolvidas nas etapas de elaboração da usina

Etapas da usina	1	2	3	4	5
Competências desenvolvidas do GCSP	1	1 2	1	1	3 4 5

Com a tabela 2 é possível observar que todas as competências do GCSP são cumpridas durante as etapas de desenvolvimento da usina. A Competência Técnica (1) aparece em maior quantidade nas etapas, uma vez que este projeto exige muita pesquisa e aplicações técnicas. A Competência de Multidisciplinaridade aparece na etapa 2, pois nela é necessário a pesquisa envolvendo os aspectos químicos do lodo, ou seja, essa parte está na fronteira da Engenharia Mecânica, que é a principal neste projeto, com a Engenharia Química. A etapa 5 é a que engloba mais competências (Competência Viabilidade econômica e Empreendedorismo, Competência Multiculturalidade e Competência de Consciência Social). Estas três competências são desenvolvidas na quinta etapa, pois essa usina foi pensada para países em desenvolvimento que possuam um sistema de saneamento precário, como alguns lugares da África, onde inclusive está instalado o Omniprocessor. Dessa forma, avaliar a viabilidade econômica deste projeto é necessário pesquisar sobre o local que ele será implantado, avaliando não só o espaço físico disponível como a cultura do local e as pessoas que residem nele e suas necessidades.

Conclusões

O GCSP é um programa suplementar que tem como foco quatro grandes áreas: saúde, segurança, sustentabilidade e *joy of living*. A intenção é agregar para a formação do engenheiro que, por sua vez, já deve estar alinhado com as DCNs, já que o GCSP é um programa suplementar, então não é responsável por si só para a formação desse profissional. A contribuição desse programa suplementar é fazer com que esse engenheiro tenha uma visão global, assim, poderá utilizar o seu conhecimento para ajudar o mundo como um todo e não apenas a sua comunidade. Ambos tratam de dimensões relacionadas à construção da aprendizagem do aluno e se atentam em colocar o foco no método de ensino por competências na forma de vivências, o que leva o aluno engenheiro questionar o que é possível fazer com todo seu conhecimento adquirido. A instituição de ensino pode escolher, dentro dos requisitos do GCSP, a melhor forma de inserir esse programa, não sendo necessária uma mudança curricular da instituição.

O projeto da usina de tratamento de dejetos inspirado na usina da empresa Janicki Bioenergy, o Omniprocessor, serve como exemplo e guia para futuras instituições que queiram aderir ao programa GCSP. Este projeto abordou todas as cinco (5) competências requeridas pelo GCSP (Competência Técnica, Competência de Multidisciplinaridade, Competência Viabilidade econômica e Empreendedorismo, Competência Multiculturalidade e Competência de Consciência Social), isto mostra a importância e dimensão que um projeto que visa ajudar o planeta e melhorar a qualidade vida das pessoas tem na formação do estudante de engenharia, o capacitando não só na parte técnica, mas na parte humana que é necessária nesta profissão, isto é, a empatia para enxergar um problema e o respeito requerido para resolvê-lo sem prejudicar outros.

O GCSP não é apenas uma diretriz técnica, há um propósito que é a criação de uma identidade profissional que somente se alcança com o envolvimento efetivo e empatia do estudante com

desafios globais e para isso, é necessário um percurso que permita efetivamente o desenvolvimento de competências que tornem esse profissional sensível aos problemas globais.

Referências Bibliográficas

ABENGE – Proposta de parecer e de resolução para as DCNs Engenharia. http://www.abenge.org.br/file/Mínuta%20Parecer%20DCNs_07%2003%202018.pdf

Accessed 04 March 2019.

CARVALHO, L. de A.; TONINI, A. M. (2017) Uma análise comparativa entre as competências requeridas na atuação profissional do engenheiro contemporâneo e aquelas previstas nas diretrizes curriculares nacionais dos cursos de Engenharia. São Carlos, v. 24, ed. 4, p. 829-841.

CAULLEY, D. N. (1983) Document Analysis in Program Evaluation. La Trobe University.

LUDKE, M.; E. D. A. ANDRÉ, M. (1986) Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. São Paulo.

MEC – Ministério da Educação e Cultura. Conselho Nacional de Educação. (2019) Câmara de Educação Superior. Diretrizes Curriculares para os cursos de engenharia. Resolução CNE/CES nº 2.

MESQUITA, D., LIMA, R. M., FLORES, FLORES, M. A. (2013) *Developing professional competencies through projects in interaction with companies: A study in Industrial Engineering and Management Master Degree*. 5th International Symposium on Project Approaches in Engineering Education, PAEE'2013. Eindhoven, The Netherlands.

NATIONAL ACADEMY OF ENGINEERING (Estados Unidos). [200-] Grand Challenges Schollars Program (org.). **NAE Grand Challenges Scholars Program**: Grand Challenges Scholars Program. Estados Unidos: National Academy of Engineering.

PERRENOUD, P. (1999) Construir as competências desde a escola. Porto Alegre, Artmed.

TEREZA L. FLEURY, M; FLEURY, A. (2001) Construindo o conceito de competência. Curitiba.