

O ESTÁGIO SUPERVISIONADO COMO AÇÃO EDUCATIVA: O CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0 EM UMA ABORDAGEM CTSA

Maria Talita Barbosa Pinto da Silva¹
Gabriela Gonçalves Monteiro do Rêgo²
Heloyse Reges Chaves³
Júlia Maria Almeida Cavalcanti⁴
Andrey Oliveira de Souza⁵

RESUMO

Ao longo de toda história, o ser humano foi se adaptando as mudanças que cada período trazia consigo. No século XXI, com a 4ª Revolução Industrial e com a era do bombardeamento de informações, faz-se cada vez mais necessário o desenvolvimento não só do homem enquanto profissional qualificado como também de tecnologias capazes de auxiliá-lo nesse momento, atendendo aos novos hábitos e consequentes demandas da sociedade contemporânea. Nesse cenário, as ferramentas computacionais vão ganhando espaço no mercado e nas academias, buscando gerar resultados com maior velocidade, baixo custo e garantia de segurança nos dados apresentados, a fim de promover avanços tecnológicos e de cunho monetário. Em uma perspectiva de educação CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), o referido trabalho tem por objetivo a apresentação de uma correlação entre o uso da ferramenta computacional de implementação de modelagem matemática para biorreatores e a atividade prática de produção de cerveja artesanal, hoje tão consumida pela comunidade nacional, com possibilidade de validação do que foi obtido na tela do computador e, consequentemente, oportunidade de otimização do processo. Essas aplicações e atividades foram desenvolvidas por meio de uma proposta não formal de aprendizagem: o estágio supervisionado, pretendendo uma atividade de caráter interdisciplinar que estimula a investigação e as associações pertinentes por meio de uma metodologia ativa que desenvolva as competências profissionais exigidas pelo mercado e pela sociedade.

Palavras-chave: Cerveja artesanal, Modelagem matemática, Indústria 4.0, Educação CTSA, Interdisciplinaridade.

¹Estudante do ensino médio integrado com habilitação em química do Instituto Federal – PB, barbosatalita32@gmail.com;

²Estudante do ensino médio integrado com habilitação em química do Instituto Federal – PB, mrego.gabriela@gmail.com;

³Estudante do ensino médio integrado com habilitação em química do Instituto Federal – PB, regesheloyse@gmail.com;

⁴Estudante do ensino médio integrado com habilitação em química do Instituto Federal – PB, juliamariaac22@gmail.com;

⁵Professor orientador: Prof. Dr. Andrey Oliveira de Souza, Instituto Federal - PB, andrey.souza@ifpb.edu.br.

INTRODUÇÃO

Recentemente, o debate sobre o ensino médio se intensificou. Não se trata de um debate novo. Porém, nestes últimos anos, ganhou novo fôlego. O tema repercute inclusive nos meios de comunicação de massa. Há uma convicção generalizada de que, se todo o ensino no Brasil é bastante deficitário, o ensino médio é mais ainda. Intencionando sanar este problema, uns defendem uma formação humanista e científica única e para todos; outros, uma formação pré-profissional ou até mesmo profissionalizante; outros ainda defendem a separação entre o ensino médio regular e o ensino técnico e profissional; e outros, finalmente, defendem o ensino médio integrado ao ensino técnico ou à educação profissional. (NOSELA, 2011).

Para disciplinar a oferta de cursos de educação profissional técnica de nível médio, o Catálogo Nacional de Cursos Técnicos (CNCT) é um instrumento que orienta as instituições, estudantes e a sociedade em geral acerca desse âmbito. É ainda um referencial para subsidiar o planejamento dos cursos e correspondentes qualificações profissionais e especializações técnicas de nível médio.

Pautando-se no que define o CNCT para cursos técnicos na área da química, percebe-se um amplo leque de habilidades e competências que capacitam e habilitam o profissional em formação para atuar em diversos contextos da vida. Estando tal curso inserido, de acordo com o CNCT, na área de Processos Industriais, chama-se a atenção para o necessário alinhamento das habilidades e competências do curso com a atual Quarta Revolução Industrial que estamos vivenciando.

A quarta revolução industrial, também denominada de Indústria 4.0, fábricas inteligentes ou manufatura avançada, iniciou na primeira década do século XXI e caracterizou-se pela digitalização da produção, que possibilitou a personalização da produção em massa caracterizada pela internet ubíqua e móvel, sensores menores e mais poderosos e a inteligência artificial, com mudanças profundas na forma de produção e de consumo, desencadeando o desenvolvimento de novos modelos de negócios (DELOITTE, 2014; MCKINSEY, 2016; SCHWAB, 2016). Esta revolução vai muito além das tecnologias inovadoras nela empregadas e do mercado de trabalho industrial. Um dos seus grandes trunfos que contribuirão para a diferenciação das empresas no mundo dos negócios é a gestão de seus conhecimentos e a capacitação de seus trabalhadores para esta nova fase dos processos produtivos (SCHWAB, 2016).

Essa integração dos sistemas ciberfísicos, internet mais ubíqua e móvel, sensores menores e mais baratos e inteligência artificial, levaram a um aumento explosivo de dados globais, onde o termo *big data* é usado principalmente para descrever enormes conjuntos de

dados. Comparado com os conjuntos de dados tradicionais, o *big data* normalmente inclui grandes quantidades de dados não estruturados que precisam de mais análises em tempo real. A simulação numérica, a partir de modelagem matemática de processos em escala industrial, se presta a gerar dados confiáveis com grande viabilidade de análise e otimização destes processos. A formação complementar nesta área se mostra, portanto, um grande diferencial para o profissional em formação na área química.

Entende-se que a oportunidade de complementação da formação, fora de sala de aula, envolvendo habilidades e competências do profissional, fortemente vinculado a demandas da atualidade, é um tipo de educação não formal. Segundo Gohn (2006, p.2) essa modalidade de educação designa um processo com várias dimensões, dentre elas a capacitação dos indivíduos para o trabalho, por meio da aprendizagem e desenvolvimento de potencialidades.

Desta forma, esse ambiente, aqui designado estágio supervisionado, é encarado como uma ação educativa complementar a educação formal encontrada nos bancos da escola, tendo a intencionalidade de participação e troca de saberes em situações interativas. (LOPES, 2017)

Neste sentido, o presente trabalho demonstra uma aplicação de estudo de caso, a partir de estágio em laboratório de simulação e experimentação numérica de processos, onde implementou-se uma modelagem matemática de biorreatores em linguagem de programação. A escolha do estudo de caso dá a oportunidade de uma associação e possível validação por meio de atividade prática para a produção de cerveja artesanal no nível piloto. Essa perspectiva busca uma conexão do desenvolvimento tecnológico ao crescimento vertiginoso de interesse da sociedade neste produto, com potencialidades de desenvolvimento da economia local, além de ser considerada uma expressão da cultura dos indivíduos e da região em que estão inseridos, sendo, portanto, uma abordagem tipicamente CTSA.

Além disso, na produção de cerveja exploram-se diversas operações unitárias. Desta forma se pretendeu uma atividade de caráter interdisciplinar que estimulasse a investigação e a pesquisa na busca do entendimento e associações pertinentes ao processo químico em destaque.

METODOLOGIA

O trabalho foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), *campus* Campina Grande em parceria com a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), nos laboratórios de Processos Orgânicos e de Experimentação Numérica de Processos, das referidas instituições, respectivamente.

A atividade foi desenvolvida com estagiárias do terceiro ano do ensino médio integrado ao curso técnico em química, totalizando 5 alunas. Estas se dividiram em dois grupos de pesquisa, cada um localizado em uma instituição; no IFPB desenvolveu-se o trabalho relacionado a produção de cerveja artesanal e, em paralelo, na UFCG, executou-se uma simulação com modelagem matemática em calculadora matricial (MATLAB) implementando o modelo de biorreator em batelada proposto por Fogler (2004). Trata-se de uma proposta de pesquisa aplicada, com fases desenvolvidas em escala piloto e em ambiente virtual.

DESENVOLVIMENTO

A sociedade se encontra, bem ou mal, cada vez mais dependente dos avanços científicos e tecnológicos e, se por um lado, a ciência e as máquinas estão à disposição para os mais variados fins, por outro, criam-se novas demandas de energia e matéria prima, e também o homem adquire novos hábitos de vida diária. (RICARDO, 2007)

Dentre esses hábitos e demandas, um ramo de crescimento considerável é o cervejeiro. Nos últimos anos, esse setor passou por diversas mudanças em seu quadro. Desde a criação da Ambev, em 1999, a produção e o consumo da bebida só aumentaram. O crescente interesse da população pela cerveja trouxe ao Brasil diversos investidores estrangeiros e também abriu as portas para que pequenos produtores pudessem trazer a público o seu produto diferenciado. (ROSALIN, 2016)

É comum relacionar-se a história da cerveja com a das primeiras sociedades humanas, sendo indícios de produção ligados aos sumérios e babilônios instalados no crescente fértil há 6.000 anos; onde havia se iniciado a domesticação de animais e produção de grãos. O progresso técnico-científico, que possibilita o controle dos processos, se deu ao longo do tempo, passando e saindo de atividades majoritariamente doméstica, controlada principalmente por mulheres, para ser atividade industrial, e relacionada fortemente ao público masculino (MORADO, 2009).

A cerveja enquanto líquido de consumo popular, gaseificado, se configura como a bebida alcoólica mais popular do planeta em termos de volume e a terceira mais consumida como um todo, após água e chá (NELSON, 2005). É cotidianamente relacionada ao lazer e às atividades que a propaganda a ela colocou, como são no Brasil, a praia, futebol e carnaval, de também comumente vista ideal para momentos de socialização e convívio. Assim, percebe-se que se concebe por cerveja é apenas uma faceta possível deste bem que pode, portanto, ser

alterado e repensado e com ele, o próprio mercado que se organiza ao seu redor. (KROHN, 2018).

Segundo Krohn (2018), analisando as aparições de “cerveja” nos jornais *Folha de São Paulo* e *O Globo*, entre 1960 e 2017, foi possível verificar que esse produto, inicialmente tomado como óbvio, passou a ser adjetivado de inúmeras formas, tais quais: cerveja artesanal, cerveja Premium, cerveja popular, etc. A autora destaca neste levantamento que a adjetivação da “cerveja artesanal” tomou força ao longo das últimas duas décadas, sendo considerado um fenômeno recente e atual. De acordo com Rosalin (2016), as chamadas “cervejas especiais”, que contam com características exclusivas tais como cor, aromas e sabores diferenciados, passaram a ser apreciadas pelo brasileiro e hoje correspondem a 5% do consumo nacional.

Concomitantemente as novas formas de se referir à cerveja, se percebem um movimento de mercado na contramão da lógica de concentração de mercado em companhias cada vez maiores, onde, nos últimos vinte anos, o número de cervejarias registradas no Brasil saiu de 42 para um total de 610 estabelecimentos. (KROHN, 2018)

A produção de cerveja artesanal abarca uma série de operações unitárias, tema abordado em disciplina técnica do curso, e envolve processos como moagem, mistura, troca de calor com chiller de imersão no processo de mostura, bem como estudo de reatores do tipo batelada utilizados no processo de fermentação. As operações unitárias e reatores são feitas no nível de escala piloto, dando a oportunidade de vivenciar uma aproximação do que seria a escala industrial, com a vantagem de maior autonomia e serviço manual que venha a significar as operações, seu entendimento, importância e necessidade de controle em cada etapa do processo.

Nesse sentido e trabalhando em uma perspectiva educacional, sabe-se que nem todas as escolas abarcam uma formação voltada para a ciência e a tecnologia que vá além da informação e de relações meramente ilustrativas ou motivacionais entre esses campos de saberes. Mesmo quando há inovações, que buscam aproximar os alunos do funcionamento das coisas e das questões tecnológicas, ainda ficam ausentes outras dimensões do mundo artificial e da compreensão da sua relação com a vida diária. Diante disso, surgem pesquisas e trabalhos que podem se enquadrar no que se chama usualmente de Educação CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente). Quando se pensa em Educação CTSA na escola, uma via natural é integrar a tecnologia aos programas e conteúdos, uma vez que, atualmente, sua justificativa é facilitada. (RICARDO, 2007)

A Educação CTSA transposta para o contexto escolar implica novas referências de saberes e práticas. Sendo assim, a ideia de Indústria 4.0 atrelada ao conceito de *big data* abre

(83) 3322.3222

contato@conedu.com.br

www.conedu.com.br

caminho para a utilização das simulações e modelagens (especialmente em trabalhos de escala piloto) como forma de otimização de processos, baixo custo e maior segurança dos dados colhidos, permitindo até validar a modelagem em atividade experimental como, por exemplo, na produção de cerveja. Utilizar de uma ferramenta computacional, tal qual o *Matrix Laboratory* (MATLAB), surge de forma tácita na realização desta atividade, já que, segundo Lachenmaier e Kemper (2017) a simulação sempre lida com problemas complexos que não podem ser resolvidos usando modelos matemáticos simples, porque os problemas são dinâmicos e existem elementos de incerteza.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Articulando conceitos da bioquímica, da informática, da química experimental, cálculo de reatores e cinética química realizou-se uma atividade de implementação de modelo matemático para cálculo de biorreator em batelada. O modelo proposto por Fogler (2004) traz de forma simplificada o cálculo, por meio de equações diferenciais, do processo fermentativo alcoólico a partir de glucose (como substrato) que podem ser encontrados nas Figuras 1, 2 e 3. Em se tratando de uma densa modelagem matemática fez-se uso de ferramenta computacional para resolução das equações escolhidas. Os dados disponibilizados no referencial teórico estão expressos na Tabela 1. Sendo a ferramenta computacional selecionada o *Matrix Laboratory* (MATLAB), por oferecer funções específicas para resolução dessas equações (tais como o ODE solver), encontram-se nas Figuras 4 e 5 a programação estruturada na forma de algoritmo para obtenção de resultados.

Figura 1: Balanços de massa.

$$\begin{aligned} \text{Cells:} \quad & V \frac{dC_c}{dt} = (r_g - r_d)V \\ \text{Substrate:} \quad & V \frac{dC_s}{dt} = Y_{s/c}(-r_g)V - r_{sm}V \\ \text{Product:} \quad & V \frac{dC_p}{dt} = Y_{p/c}(r_g)V \end{aligned}$$

Fonte: Fogler (2004).

Figura 2: Cálculo da velocidade de crescimento celular.

$$r_g = \mu_{\max} \left(1 - \frac{C_p}{C_p^*} \right)^{0.52} \frac{C_c C_s}{K_s + C_s}$$

Fonte: Fogler (2004).

Figura 3: Cálculo da velocidade de consumo do substrato.

$$r_{sm} = mC_c$$

Fonte: Fogler (2004).

Tabela 1: Parâmetros utilizados na resolução das equações.

Concentração inicial de células – C_c (g/dm ³)	1
Concentração inicial de substrato – C_{s_0} (g/dm ³)	250
Constante empírica – n	0,52
Constante de meia velocidade – K_s (g/dm ³)	1,7
Velocidade de crescimento celular – r_g (g/dm ³)	-
Velocidade de consumo do substrato – r_{sm} (g/dm ³)	-
Constante da taxa de morte celular – K_d (h ⁻¹)	0,01
Velocidade específica máx. de crescimento celular – $M_{máx}$ (h ⁻¹)	0,33
Relação entre massa de substrato e de célula no tempo – m (g/g*h)	0,03
Coefficiente produto/célula – $Y_{p/c}$ (g/g)	5,6
Coefficiente célula/substrato – $Y_{c/s}$ (g/g)	0,08
Coefficiente substrato/célula – $Y_{s/c}$ (g/g)	1/ $Y_{c/s}$
Coefficiente produto/substrato – $Y_{p/s}$ (g/g)	0,45
Tempo (h)	15
Concentração de produto com cessão do metabolismo (g/dm ³)	93
Concentração de produto (g/dm ³)	$Y_{p/s} * (C_{s_0} - C_s)$

Fonte: autoria própria.

Figura 4: Cálculo da função diferencial.

```
function dydt = biorreator(t,y)
    global Ysc Ypc m Mmax Cpi ni Cc Cs Ks Cp kd
    dydt = zeros(size(y));
    Cc = y(1); %células
    Cs = y(2); %substrato
    Cp = y(3); %produto
    rg = (Mmax * (1 - (Cp/Cpi))^ni) * ((Cc*Cs)/(Ks + Cs));
    rd = kd * Cc ;
    rp = Ypc * rg ;
    rsm = m*Cc ;
    dydt(1) = rg - rd;
    dydt(2) = (Ysc * ((-1) * (rg)) - (rsm));
    dydt(3) = (Ypc *rg);
end
```

Fonte: autoria própria.

Figura 5: Cálculo em *loop* das funções diferenciais.

```
for i = 1 : n
    CT = [t0 tf];
    CI = [Cc Cs Cp];

    [t,y] = ode45(@biorreator,CT,CI);

    Cc = y(end,1);

    Cs = y(end,2);

    Cp = y(end,3);

    t0 = t0 + tp;

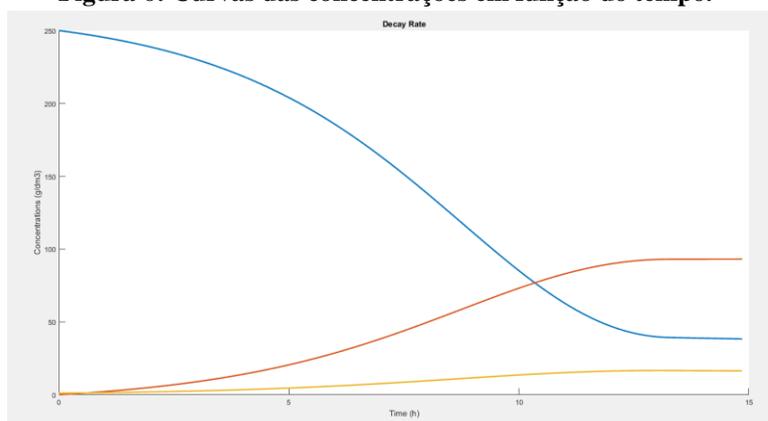
    tf = tf + tp;
end
```

Fonte: autoria própria.

Conforme explica Volpe (1996), a fermentação alcóolica ocorre quando o substrato (molécula complexa) é quebrado, neste caso pelo processo de glucólise, gerando moléculas menores, os açúcares fermentáveis. A geração de produtos vai depender do tipo de levedura que está sendo utilizada para fermentação, no exemplo da cerveja, tem-se a *Saccharomyces cerevisiae* que libera enzimas capazes de se ligar ao substrato, formando um complexo que após ser ativado produz etanol, água, CO₂ e outras células. Esse crescimento de células acontece na fase *log* (variável *rg* apresentada na Figura 2), do gráfico que expressa a população de microrganismos ao longo do tempo.

Ao observar o comportamento das curvas expressas no Gráfico 1, percebe-se que há um decréscimo considerável de substrato (curva azul) à medida que ocorre a formação do produto (curva vermelha) e aumento da população de células (curva amarela), ocorrendo conforme o esperado pela teoria.

Figura 6: Curvas das concentrações em função do tempo.



Fonte: autoria própria.

Um resultado numérico envolve diversas vantagens em termos de custos, segurança, preservação ambiental, velocidade de aquisição e confiabilidade dos dados, etc, dando uma oportunidade de geração de informações úteis para tomada de decisões, bem como oportunidade de melhoria de processos requeridos. Em relação a confiabilidade, no entanto, é necessário uma validação.

Para tanto, em paralelo, buscando oportunidade de validação, bem como desenvolvimento de um processo com inserção de ciência e possibilidade de otimização em sua elaboração, o que confere grande diferencial na apropriação de conceitos e qualidade de produto e processo, desenvolveu-se em escala piloto um processo que incluía como etapa decisiva o objeto da simulação, que no caso foi a fermentação. Este processo foi a produção da cerveja. As Figuras 7, 8, 9, 10 e 11, demonstram algumas etapas do processo de fabricação.

Figura 7: Na esquerda, grãos de cevada depois da moagem e na direita, grãos de cevada antes da moagem.



Fonte: autoria própria.

Figura 8: Mistura dos insumos utilizados no processo de fabricação.



Fonte: autoria própria.

Figura 9: Resfriamento do substrato realizado através de um trocador de calor.



Fonte: autoria própria.

Figura 10: Filtração de material particulado no substrato.



Fonte: autoria própria.

Figura 11: Processo de fermentação e maturação em temperatura controlada.



Fonte: autoria própria.

É percebido nas figuras diversas operações aprendidas em sala de aula, como por exemplo, moagem, mistura, filtração, resfriamento do mosto, bem como o processo de fermentação alcoólica que também é estudado em bioquímica, disciplina técnica do curso.

A partir da análise da concentração do substrato, aqui chamado mosto, é possível ao final da fermentação validar ou mesmo ajustar o modelo desenvolvido previamente. Trazendo

(83) 3322.3222

contato@conedu.com.br

www.conedu.com.br

assim, inúmeras vantagens não só da capacitação na produção com qualidade e eficiência, como também para aprendizado de conceitos relevantes na área técnica em química.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, verifica-se que a discussão acerca do uso da tecnologia às atividades relacionadas ao profissional técnico em química deve ser aprimorada, uma vez que demandas sociais devem ser atendidas e vêm crescendo significativamente. O advento da Quarta Revolução Industrial exige qualificação profissional, que só pode ser alcançada por meio da integração com a educação e suas metodologias ativas, que incluem o aluno como sujeito do processo de aprendizagem, conscientizando-o sobre a importância de apropriar-se do conhecimento não apenas para reprodução posterior, mas com uma utilização real e geradora de mudanças no meio social, desenvolvendo quase que instintivamente as competências necessárias para seu ingresso no mercado de trabalho, bem como para que assuma uma postura ativa, cidadã e consciente diante da sociedade. Sendo assim, explorar atividades como o estágio, inserir a ferramenta computacional na formação profissional e permitir a investigação e a associação com processos do setor químico industrial apresenta-se como uma proposta não formal de ensino que gera uma aprendizagem significativa.

Como proposta de trabalhos futuros, planeja-se realizar a validação do modelo de biorreator implementado, como uma alternativa de planejar e otimizar os processos de produção de cerveja e os novos produtos pretendidos.

REFERÊNCIAS

- AIRES, Regina Wundrack do Amaral; KEMPNER-MOREIRA, Fernanda; FREIRE, Patrícia de Sá. **INDÚSTRIA 4.0: DESAFIOS E TENDÊNCIAS PARA A GESTÃO DO CONHECIMENTO. Seminário Universidades Corporativas e Escolas de Governo**, Florianópolis - SC - Brasil, dez 2017. Disponível em: <http://anais.suceg.ufsc.br/index.php/suceg/article/view/49/17>. Acesso em: 23 set. 2019.
- CHEN, Min; MAO, Shiwen; LIU, Yunhao. Big Data: A Survey. **Mobile Netw Appl (2014)**, Suíça, 22 jan. 2014. DOI 10.1007/s11036-013-0489-0. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11036-013-0489-0#citeas>. Acesso em: 24 set. 2019.
- DELOITTE. **Industry 4.0: challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies**, 2014.
- KROHN, Lilian Verena H. BEBER, FAZER, VENDER: FORMAÇÃO DO MERCADO DE CERVEJA “ARTESANAL” NO BRASIL, **Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Sociais – USP Brasil**, 2018. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8132/tde-28082018-091540/pt-br.php>. Acesso em: 24 set. 2019.

LACHENMAIER, Jens F.; KEMPER, Hans-Georg. Simulation of Production Processes Involving Cyber-physical Systems. **Procedia CIRP**, Alemanha, 18 maio 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.06.074>. Acesso em: 24 set. 2019.

MCKINSEY. **Industry 4.0 at McKinsey's model factories: Get ready for the disruptive wave**. 2016.

MEC (Brasil). 2016, Brasil. **Catálogo Nacional de Cursos Técnicos**, [S. l.], v. 3, p. 222, 2016. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/novembro-2017-pdf/77451-cnct-3a-edicao-pdf-1/file>. Acesso em: 20 set. 2019.

MORADO, R. Larousse da Cerveja. **Larousse do Brasil**. 1 ed, São Paulo, 2011.

NELSON, M. **The Barbarian's Beverage. A History of Beer in Ancient Europe**. UK: Routledge. 2005.

NONELEMENTARY REACTION KINETICS. *In*: FOGLER, H. Scott. **Elements of Chemical Reaction Engineering**. 3a. ed. EUA: Prentice-Hall of India, 2004. cap. Bioreactors, ISBN 81 -203-2234-7.

NOSELA, P. **Ensino Médio: Em busca do Princípio Pedagógico**. **Educação & Sociedade**, vol. 32, num. 117, 2011, pp. 1051-1066.

RICARDO, E.C. EDUCAÇÃO CTSA: OBSTÁCULOS E POSSIBILIDADES PARA SUA IMPLEMENTAÇÃO NO CONTEXTO ESCOLAR. **Ciência & Ensino**, vol. 1, número especial, novembro de 2007. Disponível em: <http://200.133.218.118:3536/ojs/index.php/cienciaeensino/article/viewFile/160/113>. Acesso em: 23 set. 2019.

ROSALIN, João Paulo. **O crescimento do setor cervejeiro e o papel das microcervejarias no estado de São Paulo: uma proposta de análise do circuito espacial produtivo e dos círculos de cooperação no espaço das cervejas especiais**. 2016. 66 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/156089>. Acesso em: 24 set. 2019.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

VOLPE, Pedro L. O. ESTUDO DA FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA DE SOLUÇÕES DILUÍDAS DE DIFERENTES AÇUCARES UTILIZANDO MICROCALORIMETRIA DE FLUXO. **Instituto de Química - UNICAMP**, Brasil, 1996 ou 1997. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v20n5/4894.pdf>. Acesso em: 24 set. 2019.