

# O tema energia como um eixo facilitador da transdisciplinaridade.

Arlete Beatriz Becker-Ritt <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidade Luterana do Brasil, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – PPGECIM, Canoas - RS - Brasil

*Recebido para publicação 13 mar. 2022. Aceito após revisão 26 jul. 2022*  
*Editora designada: Claudia Lisete Oliveira Groenwald*

## RESUMO

**Contexto:** Temas abordados nas aulas de química são classificados como descontextualizados e não relacionados a outros saberes, nem tão pouco ao cotidiano das pessoas. **Objetivo:** apresentar sugestão de experimentos simples, não onerosos, para aulas de ciências e/ou química e, a partir deles demonstrar como associar química com outras áreas do conhecimento. **Design:** Detecção da presença de amido em folhas de coleus após terem sido mantidas em condições diversas de fornecimento de luz, água e CO<sub>2</sub>, durante seu desenvolvimento. Produção de etanol a partir da fermentação alcoólica de carboidratos simples. **Participantes:** Foram utilizadas, o total de 29 trabalhos científicos publicados: artigos científicos, comunicações em congresso, capítulos de livros, documentos oficiais do governo federal brasileiro e governo do estado do Rio Grande do Sul, bem como de organizações internacionais. **Coleta e análise de dados:** Base Nacional Curricular Comum, Referencial Curricular Gaúcho e Artigos científicos que descrevem os experimentos assim como analisam possibilidades de atividades de transdisciplinaridade nos ensinamentos fundamental e médio. **Resultados:** Partindo de experimentos muito simples, detecção de amido em folhas de plantas, submetidas à diferentes condições, como supressão do fornecimento de ar e luz solar e, produção de álcool a partir de fermentação alcoólica, é possível não somente trabalhar vários dos conceitos químicos, como criar um elo com assuntos de outros componentes curriculares segundo a BNCC e o RCG, facilitando a interdisciplinaridade e transdisciplinaridade. **Conclusões:** Neste contexto professores deixam de ser transmissores de conhecimento, atuando como mediadores no processo ensino-aprendizagem e, ou estudantes passam a ter um papel mais ativo na aquisição de conhecimento, sendo protagonistas na construção de seus saberes.

**Palavras chaves:** química, experimentação, protagonismo

Autor correspondente: Arlete Beatriz Becker-Ritt. Email: [arlete.ritt@ulbra.br](mailto:arlete.ritt@ulbra.br)

## The Energy Theme as a Facilitator of Transdisciplinarity

### ABSTRACT

**Background:** Topics covered in chemistry classes are classified as decontextualized and not related to other knowledge, or to people's daily lives. **Objective:** to present a suggestion of simple, inexpensive experiments for science and/or chemistry classes and, from them, demonstrate how to associate chemistry with other areas of knowledge. **Design:** Detection of the presence of starch in coleus leaves after being kept in different conditions of light, water and CO<sub>2</sub> supply during their development. Ethanol production from the alcoholic fermentation of simple carbohydrates. **Participants:** A total of 29 published scientific works were used: scientific articles, conference communications, book chapters, and official documents from the Brazilian federal government and the state government of Rio Grande do Sul, as well as from international organizations. **Data collection and analysis:** National Common Curriculum Base (BNCC), Gaúcho Curriculum Reference (RCG) and Scientific articles that describes the experiments as well as analyze possibilities of transdisciplinary activities in the elementary and high school. **Results:** Starting from very simple experiments, detection of starch in leaves of plants, subjected to different conditions, such as suppression of the supply of air and sunlight and, production of alcohol from alcoholic fermentation, it is possible not only to work with several of the chemical concepts but also create a link with subjects from other curricular components according to the BNCC and RCG, facilitating interdisciplinarity and transdisciplinarity. **Conclusions:** In this context, teachers are no longer transmitters of knowledge, acting as mediators in the teaching-learning process and, or students, have a more active role in the acquisition of knowledge, being protagonists in the construction of their knowledge.

**Keywords:** Chemistry, practical classes, protagonism

### INTRODUÇÃO

Vivemos em mundo cada vez mais conectado, com acesso irrestrito ao conhecimento e tecnologias, mas, mesmo assim, menores são as concatenações entre os conhecimentos disponíveis. Em 2005 a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) publicaram o relatório Educação para Todos (Education for All - EFA Global Monitoring Report), o mesmo prevê ser de extrema importância que se assegure que, crianças, jovens e adultos, tenham acesso ao conhecimento e desenvolvam as habilidades necessárias para sua atuação na construção da sociedade e melhoria da condição da sua vida (UNESCO, 2004). A partir deste relatório foram definidos os quatro pilares para a Educação para o Século XXI: Aprender a Conhecer, Aprender a Fazer, Aprender a Conviver e Aprender a Ser.

O primeiro pilar, Aprender a Conhecer, versa sobre a necessidade de se despertar, nos educandos, o interesse por novas descobertas. É impossível saber tudo, dada a quantidade de conhecimento produzido, mas saber como acessar esse conhecimento quando necessário, conhecer as ferramentas utilizadas para isso, é primordial e deve fazer parte da sua vida (Rodrigues, 2021). Aprender a Fazer, segundo pilar, tem relação com a utilização do conhecimento apreendido e, não é suficiente fazer, mas sim, como fazer de forma criativa e inovadora, que por sua vez leva ao trabalho cooperativo. O desenvolvimento destas competências, está diretamente relacionado ao terceiro pilar, Aprender a Conviver. Esse pilar supõe que é indispensável aprender a conviver. E, conviver significa respeito, empatia e não exclusão de um ou outro em decorrência de suas diferentes habilidades. Se envolver em projetos sociais, de interesse da sua comunidade, demonstra uma nova forma de agir consigo, com os demais e com a sociedade (Rodrigues, 2021). Aprender a Ser, o quarto pilar, prevê que esse(a) cidadão(ã) esteja sempre atualizado(a), que busque por qualidade no seu cotidiano e, isso somente será possível se essa pessoa tiver uma formação integral, com desenvolvimento de habilidades, acesso ao conhecimento, à cultura e à saúde (Rodrigues, 2021).

Inadvertidamente, os saberes estão fragmentados, recortados, como se não houvesse possibilidade desses fragmentos serem unidos e/ou utilizados para explicar um mesmo fenômeno. Um currículo integrado auxilia os estudantes a melhor entender seu contexto, sendo esse aprendizado, percebido pelos docentes que fazem uso de metodologias integrativas (Hardy et al, 2021). Estudantes que participam de currículos integrados e/ou interdisciplinares, demonstram um desempenho melhor no Programa Internacional de Avaliação dos estudantes (*PISA - Programme for International Student Assessment*), quando comparados com estudantes envolvidos em programas de ensino convencional (Drake & Savage 2016). A aplicação de um currículo integrado muitas vezes, inclui aprendizagem baseada em projetos o que, naturalmente direciona a aprendizagem para um modelo mais interdisciplinar (Hardy et al, 2021). Uma abordagem mais integrada do ensino contribui para uma melhor interação aluno/aluno, a aprendizagem e compreensão é melhorada, a aplicação dos conhecimentos adquiridos se torna mais efetiva, as habilidades de leitura, escrita e matemáticas são desenvolvidas, tornando esse estudante mais preparado para interpretar e, em contrapartida interagir de forma mais consciente, exercendo sua cidadania (Hardy et al, 2021).

Algumas propostas mais recentes, tentam estabelecer conexões e cooperação entre os saberes e, estas podem ser interdisciplinares, multidisciplinares, pluridisciplinares ou transdisciplinares. Mas esses

conceitos, apesar de serem encontrados com frequência na literatura científica, ainda necessitam ser melhor definidos. De acordo com Hardy e colaboradores (2021), um enfoque monodisciplinar está relacionado a uma disciplina única. No enfoque multidisciplinar, são docentes de disciplinas diferentes, trabalhando de forma conjunta, mas cada um na sua área de conhecimento. O método interdisciplinar, integra conhecimentos de várias disciplinas e, transdisciplinar, vai para além, ultrapassando as divisões entre as diferentes áreas do saber (Hardy, et al 2021).

O termo transdisciplinaridade, foi citado pela primeira vez na década de 70, por Piaget, no I Seminário Internacional sobre Pluridisciplinaridade e Interdisciplinaridade que ocorreu na Universidade de Nice na França (Bicalho & Oliveira 2011). Assim como as demais propostas, a transdisciplinaridade visa integrar as disciplinas, os saberes, aproximar um determinado saber a outros saberes. Em 1986, durante evento realizado pela UNESCO foi elaborada a Declaração de Veneza, que postulou que, somente o intercâmbio entre ciências e os diferentes conhecimentos empíricos, poderá abrir as portas para uma nova visão da humanidade, assim como a necessidade de pesquisas autenticamente transdisciplinares que apresentem iniciativas de intercâmbio entre as ciências naturais, sociais, arte e tradição, são capazes de conduzir o Homem para mais próximos da realidade, permitindo que este consiga enfrentar de forma mais acertada os desafios impostos na atualidade.

Nos anos 1990, a transdisciplinaridade voltou à tona como sendo algo capaz de ajudar a resolver problemas globais complexos, como por exemplo sustentabilidade e alterações climáticas, bem como relacionada à ciência, tecnologia, política, educação e problemas sociais (Bernstein 2015).

O processo da transdisciplinaridade, envolve uma série de princípios, de acordo com Scholz (2020), sendo necessário que as instituições de ensino assegurem que todos os envolvidos tenham suas funções, mas também sejam independentes, garantindo desta forma o desenvolvimento em conjunto de soluções. Devem ser capazes de avaliar o conhecimento obtido a partir da ciência e da prática, aceitando as diferenças relacionadas a cada um destes saberes. Outro ponto a destacar é que a aprendizagem mútua deve ser um princípio básico e, a transdisciplinaridade deve ser capaz de iniciar, integrar e relacionar um discurso que envolva as várias áreas do saber (Scholz, 2020).

Uma educação baseada em sustentabilidade é capaz de fazer com que se perceba a complexidade das relações ambientais, sociais, econômicas e políticas e, a única capaz de facilitar essa compreensão e interação entre culturas, instituições e os diferentes saberes, é a transdisciplinaridade (Padurean

& Cheveresan, 2010). O desenvolvimento sustentável tem um grande desafio: de que forma o conhecimento científico será capaz de fazer a interação com outras formas de saber, como por exemplo, com o conhecimento empírico obtido a partir de vivências e/ou práticas sustentáveis (Scholz, 2020).

Pensar em um ensino transdisciplinar é defender a integração dos saberes e dos pensamentos específicos de cada uma das áreas do conhecimento, pois cada uma delas possui suas próprias ferramentas e métodos para investigação. O que de fato a interdisciplinaridade pretende é, usando essas linguagens/ferramentas específicas dos diferentes saberes, abrir novas oportunidades/possibilidades para se interpretar um determinado fenômeno, integrando de forma mais significativa os conhecimentos (Burnard et al 2021). Mas, de que forma a mudança de paradigmas, de integração dos saberes, onde um campo do conhecimento avança na direção do território de outro campo, poderia contribuir para a aprendizagem?

De acordo com a legislação brasileira a Educação Básica compreende o Ensino Fundamental e Médio e, de acordo com a Lei de Diretrizes e Bases-LDB (BRASIL 1996) é assegurado a todos os estudantes, o direito à aprendizagem e desenvolvimento. Na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) são definidas as aprendizagens essenciais ao longo de todas as etapas da Educação Básica. São também definidas as competências gerais, com o intuito de mobilizar conhecimentos, habilidades, atitudes e valores que, possibilitem o estudante a resolver problemas da vida cotidiana e ao pleno exercício da cidadania (BNCC 2018). Desta forma o ensino estimula ações que sejam relevantes na transformação da sociedade, fazendo com que essa, seja mais justa bem como preocupada com a preservação da natureza e da vida, corroborando com o previsto na Agenda 30 da Organização das Nações Unidas (ONU 2018). Os estudantes devem, na Educação Básica, se apropriar, tanto dos saberes quanto da capacidade de aplicá-los em seu dia a dia.

Nos anos finais do Ensino Fundamental é indispensável que os estudantes sejam estimulados a exploração das vivências, saberes, interesses e curiosidades sobre o mundo natural e material, além de tomarem conhecimento da organização dos diferentes conhecimentos relacionados às várias áreas do saber. No Ensino Médio é imprescindível que a escola acolha os jovens e, que esteja comprometida com a formação integral e construção do projeto de vida dos estudantes (BNCC 2018).

Ao término do Ensino Fundamental, os estudantes deverão ser capazes de fazer relações entre ciência, natureza, tecnologias e sociedade, compreendendo os fenômenos ambientais/naturais utilizando conhecimento

científico e tecnológico e, ao longo do Ensino Médio, através da articulação entre Biologia, Física e Química na área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, os mesmos deverão desenvolver competências e habilidades que permitam ampliar e sistematizar as aprendizagens acessadas ao longo do Ensino Fundamental (BNCC 2018).

O Estado do Rio Grande do Sul, criou em Referencial Curricular Gaúcho para o Ensino Médio – RCG (SEDUC, 2021) o documento apresenta o que se deseja, bem como dá suportes teóricos e procedimentos que deverão ser adotados na educação de adolescentes, jovens e adultos. Em linhas gerais, o RCG propõe que o Ensino Médio tenha “[...] uma perspectiva de Educação Emancipatória, pois estimula professores e estudantes a transformar o ambiente da sala de aula, de acordo com as suas escolhas ou opções pessoais alinhadas aos seus desejos e anseios mais genuínos e ao seu projeto de vida, em interação social e conscientes da sua condição de atores e atrizes, protagonistas, na edificação individual e social (pág 20, 2021)”. O documento também sugere que as práticas docentes se utilizem das práticas transversais e transdisciplinares, pois as mesmas “[...] permitem o acesso às vivências anteriores dos estudantes fora do ambiente escolar e sugerem que sejam compreendidas de acordo com novos níveis de abstração relacionados com várias áreas de estudo científico, corroborando para a ampliação da autonomia (pág 21, 2021)”. Educação Ambiental e Consumo Consciente fazem parte dos temas contemporâneos transversais, assim, esses temas não são de domínio de uma área específica do conhecimento, mas sim, podem ser utilizados para se fazer a conexão entre os vários saberes.

Ministrada no Ensino Médio, A Química, faz parte das Ciências da Natureza e suas Tecnologias pretende contribuir para a formação dos estudantes, ampliando suas competências e habilidades, desenvolvendo sua autonomia no exercício da cidadania e, contribuindo para o desenvolvimento do seu entendimento da sociedade (Lima Júnior, Campos, & Rocha, 2014).

A maioria dos(as) estudantes, nos vários níveis de formação, afirma não gostar da disciplina Química e, até classificam os conteúdos abordados de difícil compreensão/entendimento e, não raras as vezes, dizem não ver relação destes com nosso dia a dia. Apesar disso tudo e, da grande maioria das pessoas não perceber, a química está presente no nosso cotidiano, desde a água que bebemos, o ar que inspiramos, os objetos que utilizamos, a combinação de ingredientes em uma receita, o metabolismo de animais e vegetais. E, apreender esses conhecimentos, bem como, aplicá-los para entender o mundo natural,

projetar, desempenhar e avaliar ações, contribui para uma formação mais consciente e cidadã (Lima Júnior, Campos, & Rocha, 2014).

No Ensino Médio, uma das competências, previstas pela BNCC é “analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global” (BNCC, 2018). Essas competências são trabalhadas no desenvolvimento de pelo menos duas habilidades: “analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais” - EM13CNT309, ou “analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas” - EM13CNT10, ao longo dos três anos de formação (BNCC, 2018).

Pensar em aprendizagem em química atualmente, é pensar que esse aluno, traz para a escola com uma carga de informações que não devem ser negligenciadas, mas sim, utilizadas como suporte em sala de aula, para que essa vivência anterior seja uma forma de contextualizar e enriquecer as aulas, valorizando seu meio social e cultural, como preconiza a BNCC (2018): “É importante destacar que aprender Ciências da Natureza vai além do aprendizado de seus conteúdos conceituais. Nessa perspectiva, a BNCC da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias – por meio de um olhar articulado da Biologia, da Física e da Química – define competências e habilidades que permitem a ampliação e a sistematização das aprendizagens essenciais desenvolvidas no Ensino Fundamental no que se refere: aos conhecimentos conceituais da área; à contextualização social, cultural, ambiental e histórica desses conhecimentos; aos processos e práticas de investigação e às linguagens das Ciências da Natureza” (BRASIL, 2018, p. 547).

Dentre os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável temos o objetivo 7 que pretende assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos. E mais, prevê também que, até 2030, se aumente substancialmente a participação de energias renováveis na matriz

energética global e facilitar o acesso a pesquisa e tecnologias de energia limpa, incluindo energias renováveis (ONU, 2018).

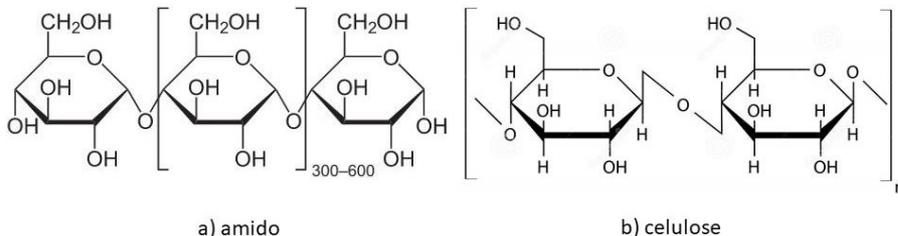
Uma importante forma de produção de energia é a utilização de água e gás carbônico no processo de conversão de energia solar em energia química, pelos organismos fotossintetizantes, plantas e algas, por exemplo (Taiz & Zeiger 2013).

Para que o metabolismo funcione adequadamente, todos os seres vivos necessitam de energia para sua sobrevivência. Seja a partir da sua alimentação, no caso dos animais, ou através da síntese de moléculas/biomoléculas, como no caso das plantas. O tema Matéria e Energia está presente como uma unidade temática no Ensino Fundamental ao longo de todos os anos de formação, tendo por exemplo, como objetos de conhecimento do 7º ano: “fontes e tipos de energia, transformação de energia, sendo possível trabalhar, a partir deste objeto, as habilidades de identificar e classificar diferentes fontes (renováveis e não renováveis) e tipos de energia utilizados em residências, comunidades ou cidades” - EF08CI01 (BNCC, 2018).

De uma maneira bem simplificada a reação de fotossíntese pode ser representada pela seguinte equação:  $6\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2 + \text{luz} \rightarrow 6\text{O}_2 + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , onde moléculas de água, sob ação da luz, se combinam com moléculas de gás carbônico, formando glicose e oxigênio, que será usado em sua própria respiração. Já as moléculas de glicose, são armazenadas na forma de amido e de celulose (Figura 1) pelas plantas.

### Figura 1:

*Estrutura das moléculas de amido (a) e celulose (b) (Bioquímica, Campbell, 3ª edição).*



O amido e a celulose são produtos finais da fotossíntese e formas importantes de reserva de carbono em plantas, tanto pela sua quantidade, quanto pela sua presença nas mais diversas espécies vegetais (Martin & Smith 1995). Basicamente, o amido é formado por um arranjo tridimensional de moléculas de glicose, sendo acumulado em grânulos que podem ser encontrados em folhas, sementes, raízes (Nawaz, Waheed, Nawaz & Shahwar, 2020). Já a celulose, um polímero, formado por uma longa cadeia de monômeros de glicose (Taiz & Zeiger 2013), é encontrado em todas as partes de uma planta.

Após sua síntese e armazenamento, o amido é então utilizado pelas plantas como fonte de energia tanto para seu metabolismo, quanto em períodos de dormência e durante o processo de germinação das sementes. Animais, entre eles o ser humano, o utiliza em sua alimentação diária (Aller, Abete, Astrup, Martinez, Van Baak, 2011). Além disto, o amido e celulose podem ser utilizados para produção de álcool de segunda geração (álcool 2G), sendo uma fonte alternativa, de baixo custo e renovável, podendo substituir, em alguns casos, a energia proveniente de fontes não renováveis e caras, como é o caso do petróleo (Marques, Moreno, Ballesteros & Gírio, 2018; Ji, Jia, Kumar & Yoo, 2021).

Surgem duas perguntas a partir disso: é possível usar a energia, acumulada pelas plantas, em forma de amido e/ou celulose para produção de álcool? É possível verificar o acúmulo de amido em plantas fotossintetizantes? Uma forma de fazer isso, seria através de várias etapas, envolvendo congelamento com nitrogênio líquido, de partes de uma planta, extração do amido através de fervura, centrifugação, atividade enzimática utilizando hexoquinase e glicose 6-fosfato-desidrogenase, acompanhando, através de um espectrofotômetro, a conversão de NAD em NADH (Smith & Zeeman 2006). Segundo Domurath, *et al.* (2012), é possível verificar a distribuição espectral emitida por plantas, quando submetidas a luz proveniente de lâmpadas de alta pressão de sódio (HPS) e diodo emissor de luz (LED). Ambos são processos bastante laboriosos e necessitam, além de equipamentos específicos, reagentes que são dispendiosos.

Podemos, outrossim, usar materiais simples e menos onerosos em nossas salas de aula. Portanto, a finalidade principal deste trabalho é propor atividades simples, de baixo custo e, que possa ser utilizada, inclusive, como um eixo temático, facilitando a interdisciplinaridade e transdisciplinaridade, tanto no ensino fundamental, quanto no ensino médio, bem como ser utilizado

como sugestão de atividade prática em sala de aula, tornando as aulas de química mais interessantes.

## MATERIAIS E MÉTODOS

a) **Visualização amido:** Baseado em uma prática disponível na Biblioteca Digital de Ciências (<https://www.bdc.ib.unicamp.br/bdc/index.php>) sugerida por Pereira e colaboradores, os seguintes materiais são utilizados de acordo com as etapas aqui propostas:

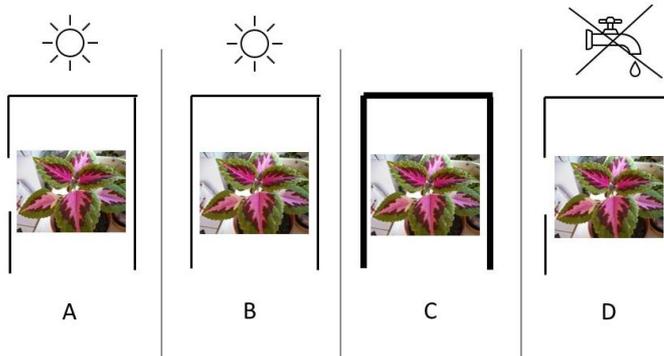
- plantas conhecidas como Coleus (*Plectranthus scutellarioides*) em potes com terra, - campânulas de plástico (com e sem entrada de ar) para cobrir as plantas,
- papel alumínio para cobrir a campânula,
- água (H<sub>2</sub>O),
- bico de Bunsen ou aquecedor de água,
- álcool etílico 96 °,
- lugol 1% (solução de iodo, I<sub>2</sub> 1% + iodeto de potássio, KI 2%).

1- Submeter as plantas a diferentes ambientes: A) com luz, com CO<sub>2</sub> disponíveis e água (em campânula transparente com entrada de ar); B) com luz, com água mas sem CO<sub>2</sub> (em campânula transparente sem entrada de ar); C) sem luz, com água e sem CO<sub>2</sub> (em campânula escura e sem entrada de ar); D) sem água (em campânula transparente, com entrada de ar) (Figura 2). Podendo também criar outros ambientes, de acordo com a criatividade dos(as) estudantes.

### Figura 2:

*Plantas de Coleus mantidas em diferentes condições: A) luz, CO<sub>2</sub> e água disponíveis (em campânula transparente com entrada de ar); B) luz e água disponíveis, mas sem CO<sub>2</sub> (em campânula transparente sem entrada de ar);*

C) água, sem luz e CO<sub>2</sub> (em campânula escura e sem entrada de ar); D) sem água, mas com luz e CO<sub>2</sub> (em campânula transparente, com entrada de ar).



- 2- Manter as plantas nas condições estabelecidas por pelo menos 48 horas (podendo variar esse tempo para 3 ou até 7 dias).
3. Retirar uma folha de cada planta. Mergulhar cada folha por aproximadamente um minuto em água fervente, mantendo-a presa por um barbante, tendo o cuidado de identificar a folha - planta da qual foi retirada. Decorrido esse tempo, transferir as folhas para álcool etílico até completa despigmentação.
4. Colocar a face dorsal da folha para cima, em placa de Petri, e tratar com gotas de lugol. Fazer a correspondência entre localização do acúmulo de amido e as células fotossintetizantes.

b) **Produção etanol a partir de sacarose.** Baseado no experimento proposto por Gonçalves (2022):

- frascos transparentes, vidro ou plástico, de aproximadamente 200 mL;
- fermento biológico;
- açúcar comum;
- água;

Aquecer a água até mais ou menos 40 °C, adicionar o açúcar e o fermento biológico. Tampar o frasco, acompanhar a reação e descrever as alterações observadas.

## RESULTADOS E ANÁLISE

O que podemos esperar após a realização dos experimentos, conforme proposto? O lugol (à base de iodo) é capaz de interagir com polissacarídeos, como por exemplo, o amido (Ferreira, Da Costa & Araujo, 2008), tornando mais escuro o tecido vegetal no qual essa molécula está presente. Para que essa alteração de cor seja visualizada, se faz necessário retirar todas as demais moléculas responsáveis pela pigmentação do material vegetal testado. Isso é possível através da fervura da folha em água e posterior imersão em álcool. O amido é formado nos cloroplastos de células fotossintetizantes e armazenado em amiloplastos em órgãos não-verdes (Taiz & Zeiger 2013).

Plantas que receberam um período de luz solar, ar e água, realizaram a fotossíntese, produzindo mais glicose para seu consumo e, desta forma, espera-se que seja possível visualizar os polissacarídeos (Figura 2A). Plantas que receberam um período de luz solar e água, mas não ar, também realizaram fotossíntese, produzindo glicose para seu consumo, sendo, no entanto, menos eficiente pois teve privação de CO<sub>2</sub>, espera-se que seja possível visualizar os polissacarídeos (Figura 2B), mas em menor proporção. Plantas que apenas respiraram, consumiram as suas reservas calóricas para manutenção do seu metabolismo. Desta forma a glicose não foi acumulada e não será possível visualizar os polissacarídeos (Figura 2C). Plantas que receberam um período de luz solar, e fornecimento de ar, mas não de água, também realizaram fotossíntese, produzindo glicose para seu consumo e, espera-se que seja possível visualizar os polissacarídeos (Figura 2D). A síntese de glicose e posterior acúmulo em amido, neste caso, pode ser diminuída, pois não há fornecimento de água, importante para a manutenção do metabolismo vegetal.

No experimento de produção de etanol, as leveduras presentes no fermento biológico, se multiplicam e usam a sacarose como fonte de energia. Convertem esse dissacarídeo em glicose através da enzima invertase. Depois, a partir do processo de glicólise, fermentação alcoólica, produzem etanol, que pode ser detectado através do olfato.

E a transdisciplinaridade, onde está? De acordo com Bernstein (2015), a transdisciplinaridade requer uma modificação do ensino, onde a partir de projetos cooperativos, mútuos, de interesse entre os vários componentes curriculares, os estudantes possam melhor organizar seu conhecimento. Uma maneira de conectar os diversos saberes e conhecimentos científicos com o cotidiano deve ser utilizada/buscada pelos docentes. Segundo Iribarry (2003), a transdisciplinaridade não pretende se sobrepor as várias outras disciplinas, mas sim, conectar todas elas àquilo que as permeia.

Partindo disto e lançando mão de experimentos simples que são a visualização do acúmulo de amido em folhas de uma planta e, a produção de etanol a partir de um carboidrato de origem vegetal, vários são os temas/tópicos/assuntos que podem ser abordados. De acordo com a BNCC, no componente curricular de Ciências do 9º ano do ensino fundamental temos, entre outros, como objetos de conhecimento, os aspectos quantitativos das transformações químicas e, relacionados a eles, as seguintes habilidades podem ser trabalhadas: “Comparar quantidades de reagentes e produtos envolvidos em transformações químicas, estabelecendo a proporção entre as suas massas” (EF09CI02); “Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica” (EF09CI03). Então, em Ciências/Química, leis de conservação das massas, balanceamento de equações químicas, são alguns dos conteúdos que podem ser abordados a partir deste experimento. Para desenvolver essas habilidades, pressupõe-se que os estudantes saibam identificar, relacionar e estabelecer as proporções da quantidade de substâncias utilizadas e produzidas nas transformações químicas com base em sua massa. É de suma importância que docentes, mediadores da aquisição do conhecimento pelos alunos, incluam em sua prática docente, atividades experimentais de investigação e, que estas contemplem as transformações químicas cotidianamente realizadas para identificar e representar substâncias simples e compostas, utilizar símbolos, fórmulas e equações que as represente, com enfoque na proporção em massa e ampliando a habilidade (EF09CI01). Deve-se valorizar o registro e a sistematização das informações observadas pelo aluno, buscando evidências diretas e indiretas que auxiliem na construção de modelos explicativos para os fenômenos relacionados a essas transformações. Pode-se estender a abordagem à importância do tema para o sistema produtivo e a resolução de problemas no uso de reagentes.

No componente, Língua Portuguesa, também no 9º ano do Ensino Fundamental, podemos mencionar análise linguística/semiótica, como um dos objetos de conhecimento e que traz como uma das habilidades a ser desenvolvida a capacidade de escrever textos corretamente, de acordo com a norma-padrão, com estruturas sintáticas complexas no nível da oração e do período (EF09LP04). Esta habilidade se refere ao uso da norma-padrão nas situações, gêneros e textos. A produção de textos relatando os experimentos realizados, seguindo as regras ortográficas, de acordo com os tipos de textos vistos anteriormente, podem auxiliar na interpretação do resultado encontrado, na atividade prática realizada. A possibilidade de ministrar palestras, seminários, apresentações orais, participar de debates, entrevistas, publicar um

artigo de divulgação científica também são formas de desenvolver as habilidades e/ou competências.

Em Geografia no 9º ano, Natureza, Ambientes e Qualidade de Vida fazem parte dos objetos de conhecimento e com isso a possibilidade de identificar e analisar as cadeias industriais e de inovação e as consequências dos usos de recursos naturais e das diferentes fontes de energia (EF09GE18). Esta habilidade diz respeito a reconhecer, compreender e avaliar criticamente os usos de recursos naturais a partir das diferentes fontes de energia (termoelétrica, hidrelétrica, eólica e nuclear) em diferentes países, a fim de analisar os impactos e as consequências desses usos na produção industrial e de inovação. A BNCC (2018) destaca também, no componente Geografia, é importante que se promova e inclua no currículo, a organização dos conteúdos de tal forma que seja possível compreender a questão ambiental em articulação com as cadeias produtivas e os recursos naturais disponíveis.

Probabilidade e estatística são objetos do conhecimento do componente curricular Matemática, no 9º ano do ensino fundamental, o planejamento, execução de pesquisa amostral e apresentação de relatório, pode ser desenvolvido com a habilidade de planejar e executar pesquisa amostral envolvendo tema da realidade social e comunicar os resultados por meio de relatório contendo avaliação de medidas de tendência central e da amplitude, tabelas e gráficos adequados, construídos com o apoio de planilhas eletrônicas (EF09MA23).

A experimentação também faz parte da Carta da Transdisciplinaridade, que no seu Artigo 11 prevê que: “Uma educação autêntica não pode privilegiar abstração no conhecimento. Ela deve ensinar a contextualizar, concretizar e globalizar”.

Estimular essas atividades transdisciplinares, partindo de experimentos simples em sala de aula e, unindo as várias áreas dos saberes, Ciências, Matemática, Geografia, História e Língua Portuguesa, podem não somente melhorar a apreensão de conhecimentos, mas também causar um impacto positivo na vida dos estudantes e sua comunidade (Burnard et al, 2021), pois os estudantes passam a perceber a interligação dos saberes e a importância destes no cotidiano.

Já no Ensino Médio, essa mesma atividade prática pode ser realizada e abre possibilidades de ser utilizada em vários componentes curriculares. Uma das competências, nas Ciências da Natureza, prevê que os estudantes sejam capazes de analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas

interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global. A produção de álcool de segunda geração, a partir de material vegetal que, costumeiramente é descartado de forma inapropriada, pode ser uma alternativa para obtenção de energia e que não gere um grande impacto ambiental, além de contribuir no desenvolvimento da comunidade onde a escola está inserida. Com isso, habilidades como discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta (EM13CNT206), ou analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais (EM13CNT309) podem ser trabalhadas. Com isso, os estudantes deverão ter a habilidade de propor ou participar de ações para investigar desafios do mundo contemporâneo e tomar decisões éticas e socialmente responsáveis, com base na análise de problemas sociais, como os voltados a situações de saúde, sustentabilidade, das implicações da tecnologia no mundo do trabalho, entre outros, mobilizando e articulando conceitos, procedimentos e linguagens próprios da Matemática, que faz parte das competências a serem desenvolvidas pelo componente curricular, matemática, no ensino médio (BNCC, 2018).

De acordo com o RCG, algumas das habilidades que deverão ser desenvolvidas pelos estudantes do 3º ano do ensino médio, estão relacionadas aos riscos envolvidos na utilização de recursos naturais de forma indiscriminada. Os estudantes também devem ser capazes de discutir a dependência de combustíveis de origem fóssil, e seu impacto ambiental além de propor alternativas para produção de energia limpa, como forma de prevenção do meio ambiente. Desta forma utilizam-se do conhecimento científico apreendido para propor soluções às demandas locais/regionais e até globais (RCG, 2021).

Em Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, uma das competências gerais, de acordo com a BNCC é: Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas. A partir dela

uma das habilidades a ser desenvolvida é “identificar, analisar e discutir as circunstâncias históricas, geográficas, políticas, econômicas, sociais, ambientais e culturais de matrizes conceituais (etnocentrismo, racismo, evolução, modernidade, cooperativismo/desenvolvimento, entre outras.), avaliando criticamente seu significado histórico e comparando-as a narrativas que contemplem outros agentes e discursos” (EM13CHS102), ao longo dos três anos do ensino médio. Mais uma vez a produção de álcool de segunda geração a partir de amido ou da celulose, pode ser trabalhado nesse componente curricular.

Em relação aos temas transversais propostos no Referencial Curricular Gaúcho, no componente Química, é previsto para o terceiro ano que se aborde a ética no consumo (RCG, 2021). O Artigo 13 da Carta da Transdisciplinaridade prevê que: “A ética transdisciplinar recusa toda e qualquer atitude que se negue ao diálogo e à discussão, qualquer que seja a sua origem – de ordem ideológica, cientificista, religiosa, econômica, política, filosófica. O saber compartilhado deve levar a uma compreensão compartilhada, baseado no respeito absoluto às alteridades unidas pela vida comum numa só e mesma Terra”. Fica ainda mais clara a importância de se “conhecer os direitos ambientais, direitos dos animais e culturas que promovam a qualidade de todos os seres vivos, como a filosofia do bem viver” conforme previsto no RCG. Somado a isso, “conhecer e analisar a Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos: dignidade humana; direito à vida e pesquisa”, reconhecendo o papel fundamental, não apenas do conhecimento químico, físico e biológico, mas de todos os saberes, no desenvolvimento tecnológico atual (RCG, 2021).

Neste contexto, a transdisciplinaridade sugere que se faça ciência com a sociedade e não apenas para a sociedade, para que essa possa se apropriar de inovações sustentáveis, uma das premissas dos objetivos do desenvolvimento sustentável previstos pela UNO (Scholz 2020). A Carta da Transdisciplinaridade, em seu Artigo 13, diz que: “A ética transdisciplinar recusa toda e qualquer atitude que se negue ao diálogo e à discussão, qualquer que seja a sua origem – de ordem ideológica, cientificista, religiosa, econômica, política, filosófica. O saber compartilhado deve levar a uma compreensão compartilhada, baseado no respeito absoluto às alteridades unidas pela vida comum numa só e mesma Terra”. Todos os saberes são importantes e relevantes. Sejam os saberes produzidos pela academia ou os saberes populares, produtos das vivências, que são transmitidos de geração para geração.

Ao longo do processo de ensino transdisciplinar deve-se partir de um projeto (aprendizagens baseadas em projetos faz parte do método transdisciplinar) que atenda aos interesses da sociedade/comunidade escolar e, que somente a partir da interação entre esses dois, será possível se encontrar soluções para um problema, promovendo ações com vistas a ações sustentáveis futuras (Scholz, 2020).

A BNCC, prevê como uma das competências a ser desenvolvida ao longo da Educação Básica: “Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade” (BNCC, 2018). Também de acordo com Scholz (2020), a Ciência precisa alterar seu objetivo e procurar interagir mais com a sociedade e não apenas para a sociedade. Um dos principais obstáculos para o desenvolvimento sustentável deve ser a interação do conhecimento científico com outros saberes, como por exemplo, conhecimentos existenciais, empíricos e experiências acumuladas e passadas de geração em geração (Scholz, 2020). A transdisciplinaridade, como atualmente se apresenta, sugere que se faça ciência com a sociedade, para que juntas, possam desenvolver soluções e inovações sustentáveis, ações essas mundialmente reconhecidas (Scholz, 2020).

## CONCLUSÕES

Permear a prática pedagógica com experimentos em sala de aula contribui para facilitar o entendimento dos fenômenos da natureza, de como alguns fatores afetam as nossas vidas (Souza, Rodrigues & Ramos, 2016) e como podemos melhor usar os recursos naturais. Para que essa prática se torne constante e, para que haja significado na experimentação, os(as) docentes devem estar preparados(as) para também responderem adequadamente aos questionamentos advindos da análise dos resultados encontrados, contribuindo para o entendimento do(a) aluno(a).

Durante a experimentação em sala de aula, o(a) professor(a) tem papel de orientador, estimulador, instigador, mediador (Souza, Rodrigues & Ramos, 2016) enquanto os(as) alunos(as) assumem um papel de protagonistas da sua aprendizagem.

Estimular a experimentação em sala de aula corrobora com o disposto na Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018) que considera as

Ciências uma área do conhecimento que contribui para que o aluno, ao longo da sua formação, tenha a possibilidade de melhor explorar as suas relações consigo, com os outros, com a natureza, com as tecnologias e com o ambiente, desenvolvendo valores éticos e políticos, tornando-se assim, um cidadão responsável, consciente, solidário e cooperativo. “A abordagem investigativa deve promover o protagonismo dos estudantes na aprendizagem e na aplicação de processos, práticas e procedimentos, a partir dos quais o conhecimento científico e tecnológico é produzido. Nessa etapa da escolarização, ela deve ser desencadeada a partir de desafios e problemas abertos e contextualizados, para estimular a curiosidade e a criatividade na elaboração de procedimentos e na busca de soluções de natureza teórica e/ou experimental [...] Vale a pena ressaltar que, mais importante do que adquirir as informações em si, é aprender como obtê-las, como produzi-las e como analisá-las criticamente” (BRASIL, 2017, p. 551).

Experimentação em sala de aula contribui para a interdisciplinaridade e transdisciplinaridade, tão necessárias para que os(as) estudantes desenvolvam capacidades de questionamento, exploração, elaboração de hipóteses, análise, argumentação (Silva, Moura & Nogara, 2020). Neste contexto, o acompanhamento do experimento proposto neste manuscrito, a fotossíntese, a posterior síntese de amido pelas plantas e sua utilização como uma forma de produção de álcool de segunda geração, uma fonte renovável de energia, pode contribuir sobremaneira para estabelecer conexões com o cotidiano, bem como, um elo entre as mais variadas formas do saber.

Ensino com abordagem transdisciplinar necessita que o planejamento das aulas seja minucioso, pois, as mesmas devem estabelecer conexões sólidas entre o conhecimento científico e os saberes cotidianos, da sociedade (Santos et al, 2018). Ao mesmo tempo, os estudantes precisam se perceber atores desse processo, engajados, para que possam perceber conexões entre o que apreendem e o que os cerca, conferindo uma maior importância aos saberes científicos (Santos et al, 2018).

A transdisciplinaridade é tida como uma prática que pretende transcender e transgredir as fronteiras das disciplinas e, também, parece ter um grande potencial para atender às demandas impostas pela sociedade. E, essa capacidade está diretamente relacionada às características da transdisciplinaridade: foco no problema, a pesquisa inicia em problemas reais; a metodologia envolve processos que possam responder perguntas específicas; estimula a participação de todos, discentes, docentes das várias áreas e pessoas

da comunidade com experiência empírica, obtida a partir das suas vivências (Burnard et al, 2021).

A química pode ser o elo entre os vários campos dos saberes, científicos e empíricos, contribuindo para que os alunos desenvolvam habilidades desejadas e possam atuar como cidadãos(ãs) conscientes das suas funções na sociedade (Hardy et al, 2021). A química é portanto, uma disciplina importante, pois integrada à outras áreas do conhecimento poderá desempenhar um importante papel nas soluções transdisciplinares em um mundo real extremamente complexo e, com isso, auxiliar nos problemas encontrados para que se consiga atingir os objetivos do desenvolvimento sustentável propostos pela Organização das Nações Unidas (Hardy et al, 2021).

A transdisciplinaridade é complexa, mas, ao mesmo tempo separa e associa, configura emergências, sem, no entanto, diminuí-las às unidades básicas, simples. Seus princípios são baseados em diferentes áreas das ciências, como por exemplo, biologia, física, química, entre outras (Martinazzo, 2020).

É sabido também que ainda não há um consenso sobre a definição de transdisciplinaridade. Apesar de já ser discutido desde o final dos anos 70 (Colóquio de Córdoba, 1979) e início dos anos 80 (Declaração de Veneza, 1986) e, tendo inclusive, em 1992, sido criado um grupo na UNESCO para discutir o tema. Em 1994, pensadores sobre o tema, redigiram a Carta da Transdisciplinaridade.

No Artigo 3 da Carta da Transdisciplinaridade está posto que: "A transdisciplinaridade não procura o domínio de várias disciplinas, mas a abertura de todas as disciplinas ao que as une e as ultrapassa". De acordo com esse artigo é necessário que se encontre pontos nos quais os saberes convergem, mas não apenas. É necessário que se vá além, que sejam dadas as possibilidades para que estudantes desenvolvam atitudes, habilidades para sua atuação ética na sociedade, por exemplo, corroborado pelo que está disposto no Artigo 4: "... pressupõe uma racionalidade aberta, mediante um novo olhar sobre a relatividade das noções de definição e de objetividade".

A escola (e a universidade) tem além de outras, a função de ajudar a encontrar soluções para problemas globais, como por exemplo, erradicação da pobreza, saúde, fome, potabilidade das águas, energias limpas (incluídos nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU). Essa função vai ao encontro do que está previsto no Artigo 11 da Carta da Transdisciplinaridade:

“... contextualizar, concretizar e globalizar. A educação transdisciplinar reavalia o papel da intuição, do imaginário, da sensibilidade e do corpo na transmissão do conhecimento”.

Sem a devida contextualização, os conhecimentos escolares se tornam irrelevantes aos estudantes, pois os mesmos são transmitidos de forma fragmentada e, desta forma não é possível se perceber as interações entre as várias partes do saber e sua relação com o todo. É imprescindível que a escola passe a repensar sua atuação, sua forma de pensar tão difundidos no atual modelo de ensino e aprendizagem e, perceba a necessidade de problematizar a realidade (Martinazzo, 2020).

O modelo de ensino atual, disciplinar, já se mostrou ineficiente para a compreensão e solução dos problemas sociais. O modelo transdisciplinar permite uma integração entre os saberes e, o processo como um todo, respeita os saberes dos alunos. Mas esse novo modelo faz com que os professores reflitam sobre suas práticas docentes e, percebam que também eles tiveram poucos exemplos transdisciplinares na sua formação (Silva & Souza, 2018).

O crescente avanço dos saberes, o desenvolvimento de tecnologias para divulgação e compartilhamento desses saberes, a exemplo das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs), que se por um lado beneficia, por outro faz com que, quem não tenha acesso à essas tecnologias, fique cada vez mais empobrecido (e não apenas no sentido monetário do termo), aumentando as desigualdades sociais e ambientais.

É premente que os cursos de Licenciatura, não apenas em Química, mas também em outras áreas do conhecimento, usem deste modelo transdisciplinar ao longo da formação dos novos docentes, sendo uma alternativa à fragmentação do conhecimento, tão presente na ciência (Silva & Souza, 2018).

## **POLÍTICAS DE COMPARTILHAMENTO DE DADOS**

O compartilhamento de dados não é aplicável a este artigo, pois se trata de pesquisa de bibliografia disponível publicamente.

## REFERÊNCIAS

Aller, E.E.J.G., Abete, I., Astrup, A., Martinez, J.A., & Van Baak, M.A. (2011). Starches, Sugars and Obesity. *Nutrients*, 3, 341-369.

Bernstein, J. H. (2015) Transdisciplinarity: A review of its origins, development, and current issues. *Journal of Research Practice*, 1(11), 1-20.

Bicalho, L. & de Oliveira, M. (2011). A teoria e a prática da interdisciplinaridade em Ciência da Informação. *Perspectivas em Ciência da Informação*, 16(13), 47-74.

Brasil (1996). *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) 9394/1996*. MEC. 28 p.

Brasil (2018). *Base Nacional Comum Curricular (BNCC)*. MEC. 600 p.

Burnard, P., Colucci-Gray, L., & Sinha, P. 2021. Transdisciplinarity: letting arts and science teach together. *Curriculum Perspectives*. 41, 113–118.

Domurath, N., Schroeder, F.G. & Glatzel, S. (2012) Light response curves of selected plants under different light conditions. *Acta Horticulturae*. 956, 291-298.

Ferreira, G.L., Da Costa, V.C. & Araujo, M.H. (2008) Diminuição do amido em bananas maduras: um experimento simples para discutir ligações químicas e forças intermoleculares. In: *Anais do XIV Encontro Nacional de Ensino de Química* (p 1-10). XIV ENEQ.

Freitas, L., Morin, E. & Nicolescu, B. (1994). Carta da transdisciplinaridade. Convento da Arrábida, 6 de novembro de 1994. Cetrans. [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=1720389&pid=S1677-1168201900010002000007](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=1720389&pid=S1677-1168201900010002000007)

Gonçalves, T.M. (2022). Identificando e observando a fermentação alcoólica das leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*): um experimento simples e de baixo custo na disciplina de Biologia. *Research, Society and Development*, 11(3), 1-9. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i3.17854>

Hardy, J.G., Sdepanian, S., Stowell, A.F., Aljohani, A.D., Allen, M.J., Anwar, A., Barton, D., Baum, J.V., Bird, D., Blaney, A., Brewster, L., Cheneler, D., Efremova, O., Entwistle, M., Esfahani, R.N., Firlak, M. Foito, A., Forciniti, L., Geissler, S.A., Guo, F., Hathout, R.M., Jiang, R., Kevin, P., Leese, D., Low, W.L., Mayes, S., Mozafari, M., Murphy, S.T., Nguyen, H., Ntola,

C.M.N., Okafo, G., Partington, A., Prescott, T.A.K., Price, S.P., Soliman, S., Sutar, P., Townsend, D., Trotter, P. and Wright, K.L. (2021). Potential for Chemistry in Multidisciplinary, Interdisciplinary, and Transdisciplinary Teaching Activities in Higher Education. *Journal of Chemical Education*, 98(4), 1124-1145.

Iribarry, I.N. (2003). Aproximações sobre a Transdisciplinaridade: Algumas Linhas Históricas, Fundamentos e Princípios Aplicados ao Trabalho de Equipe. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 16(3), 483-490.

Ji, A., Jia, L. Kumar, D. & Yoo, C.G. (2021). Recent Advancements in Biological Conversion of Industrial Hemp for Biofuel and Value-Added Products. *Fermentation*, 7(1), 1-17.

Lima Júnior, S., Campos, A. B. de & Rocha, C. (2015). Abordagem transdisciplinar dos parâmetros curriculares nacionais de química: o caso das geociências. *Terrae Didactica*, 10(3), 289–297.

Marques S., Moreno A.D., Ballesteros M. & Gírio F. (2018). Starch Biomass for Biofuels, Biomaterials, and Chemicals. In: Vaz Jr., S. (Org). *Biomass and Green Chemistry*. (p. 69-94). Springer.

Martin, C. & Smith, A.M. (1995) Starch Biosynthesis. *The Plant Cell*, 7, 971-985.

Martinazzo, C.J. (2020). Transdisciplinary thinking as perception of reality and the educational and planetary challenges. *Educar em Revista*. 36, e66048.

Nawaz, H., Waheed, R., Nawaz, M. & Shahwar, D. (2020). Physical and Chemical Modifications in Starch Structure and Reactivity. In: Emeje, M. (Org) *Chemical Properties of Starch*. (ch. 2). Intech Open Source.

ONU. Organização das Nações Unidas. (2018). *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*.

Padurean, A., & Cheveresan, C.T. (2010). Transdisciplinarity in education. *Journal Plus Education*, VI(1), 127-133.

Pereira, L., Bello, C.C.M., Pinto, R.B. & Haddad, C.R.B. Fotossíntese e produção de amido. Departamento de Biologia Vegetal IB Unicamp. <https://www.bdc.ib.unicamp.br/bdc/>.

Rodrigues, Z.B. (2021). Educação: Um estudo com base no relatório da UNESCO sobre os quatro pilares do conhecimento. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, 6(04), 53-60.

Scholz, R.W. 2020. Transdisciplinarity: science for and with society in light of the university's roles and functions. *Sustainability Science*. 15, 1033–1049.

SEDUC-RS. Secretaria de Educação do Rio Grande do Sul. (2021). *Referencial Curricular Gaúcho para o Ensino Médio – RCGEM*.

Silva, A.L.S., Moura, P.R.G. & Nogara, P.A. (2020). Um modelo de sistematização à experimentação no Ensino de Ciências: Atividade Experimental Problematizada (AEP). *Research, Society and Development*, 9(7), 1-19.

Smith, A.M. & Zeeman, S.C. (2006). Quantification of starch in plant tissues. *Nature Protocols*, 1(3), 1342-1345.

Souza, V.M., Rodrigues, S.S. & Ramos, M.G. (2016). A experimentação em sala de aula: concepções de professores de Ciências e Matemática. *Indagatio Didactica*, 8(1), 584-598.

Taiz, L. & Zeiger, E. (2017). *Fisiologia desenvolvimento vegetal*. 6ª Edição. Artmed.

UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. (2004). *EFA Global Monitoring Report*.