

Construção de um biodigestor na escola: um estudo de caso fundamentado numa perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)

Valéria Vieira Moura Paixão, Carlos Henrique Batista e Maria Clara Pinto Cruz

Este artigo descreve um relato de sala de aula sobre a construção de um biodigestor. A pesquisa-Ação foi o método utilizado. Para coleta e análise das concepções prévias foi utilizada a técnica de grupo focal. As subsequentes atividades desenvolvidas foram divididas em dez (10) momentos, nos quais se buscou discutir e contextualizar as relações Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Os resultados evidenciaram que o ensino de conteúdos químicos mostrou-se relevante na formação de sujeitos para a cidadania e contribuiu para a apropriação dos conceitos científicos necessários para entender seus aspectos sociais, ambientais e econômicos.

► biodigestor, ensino de química, ciência, tecnologia, sociedade ◀

Recebido em 28/08/2018, aceito em 22/01/2019

351

O ensino de Química na Educação Básica favorece a compreensão do mundo contemporâneo, suas interrelações e conceitos científicos necessários para o uso da tecnologia de forma abrangente, dinâmica e integrada. Desse modo, os conteúdos químicos devem ser abordados por meio de temáticas que contemplem os elos de ligação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Entender essa tessitura é colocar o aluno diretamente em confronto com situações-problemas que estejam diretamente envolvidas com seu contexto sociocultural e, então, buscar resolvê-las.

Nesse sentido, uma abordagem sobre “biodigestores” pode ser a solução de um problema para as propriedades rurais brasileiras que sofrem com o destino inadequado dos dejetos orgânicos de animais, também considerados fontes da biomassa. Esses resíduos sólidos podem gerar energia alternativa em relação às convencionais por produzir um biogás rico em metano (CH_4).

A disposição inadequada desses dejetos na Natureza acarreta diversos impactos ambientais, pois a decomposição da matéria orgânica produz o chorume, que, por sua vez,

O termo *biogás* é autoexplicativo, e significa que esse gás tem origem em um processo biológico.

infiltra-se no solo, podendo atingir as águas subterrâneas, e também provocar a poluição das águas superficiais através do escoamento da água proveniente da chuva; a contaminação do solo, pelo descarte inadequado destes dejetos; e, ainda, a do ar, uma vez que a ação antrópica contribui significativamente para o aquecimento global, pela emissão de gases, gerando o efeito estufa. Segundo Barbosa e Langer (2011, p. 89), “o CH_4 é um dos principais gases de efeito estufa e os animais são grandes emissores desse gás para a atmosfera por meio de suas fezes e também pela respiração”.

O termo *biogás* é autoexplicativo, e significa que esse gás tem origem em um processo biológico. A matéria orgânica sofre decomposição pela ação de microrganismos em meio anaeróbio, originando uma mistura de gases; denominada biogás (Brasil, 2010). O processo de biodigestão envolve várias etapas, algumas complexas, e outras até desconhecidas. De acordo com o *Guia Prático do Biogás* (Brasil, 2010, p.22):

[...] a mistura gasosa formada é composta principalmente de metano (50% - 75% em volume) e dióxido de carbono (25% - 50% em volume). O biogás contém ainda pequenas quantidades de hidrogênio, sulfeto de hidrogênio, amônia e outros gases traço.

A seção “Relatos de Sala de Aula” socializa experiências e construções vivenciadas nas aulas de Química ou a elas relacionadas.

Essa mistura de gases é produzida por diferentes grupos de microrganismos que, segundo Karlsson *et al.* (2014, p. 9), “[...] atuam juntamente com uma série de fatores, como, por exemplo: pH, temperatura e tipo de substrato. Todos esses fatores afetam a composição do biogás produzido”. Para Oliveira e Higashi (2006, p. 10), “... o metano gerado nos biodigestores pode ser aproveitado como fonte de energia térmica ou elétrica e usado em substituição aos combustíveis fósseis (GLP) ou à lenha, tendo como vantagem ser uma fonte de energia renovável”. Com base nesta problemática, torna-se indispensável que as escolas formem discentes alfabetizados em Ciência e Tecnologia (C&T), na perspectiva de que possam vir a compreender e participar ativamente das decisões sobre problemas que afligem a sociedade moderna.

Tomando como ponto de partida essas ideias, Bazzo (2018, p.15) afirma que, ao nos reportarmos ao entendimento dos “meandros da tecnologia, queremos dizer que ela é parte inerente da nossa compreensão de mundo. É quase como uma ‘alfabetização’ necessária para todos. Tal qual um processo inicial de aprendizagem da leitura e da escrita”.

No entender de Martins e Paixão (2011), a cultura científica nas sociedades modernas sugere conhecimento de múltiplas interrelações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade e, para isso, é necessário que o ensino-aprendizagem contemple o contexto no qual a temática está inserida.

Segundo Santos e Mortimer (2000), o currículo em CTS decorre da necessidade de formar o cidadão letrado cientificamente, o que não vinha sendo alcançado adequadamente pelas vias do ensino tradicional de Ciências. Com o enfoque CTS nos currículos de Ciências é possível romper com o paradigma conservador, tirando o professor do centro do conhecimento e tornando o aluno protagonista no exato momento em que descobre, pesquisa, constrói ou produz o conhecimento científico. Segundo Pinheiro *et al.* (2007, p.77), “os alunos recebem subsídios para questionar, desenvolver a imaginação e a fantasia, abandonando o estado de subserviência diante do professor e do conhecimento apresentado em sala de aula”.

Para Santos e Mortimer (2000, p.111), “[...] as sociedades modernas passaram a confiar na ciência e na tecnologia como se confia em uma divindade”. Atualmente, a sociedade tem maior acesso às informações de cunho científico e tecnológico, porém, produz nos indivíduos dificuldades em interpretá-las de forma coerente, objetiva e precisa. No entender de Martins e Paixão (2011, p. 9) são importantes: “[...]conhecimento substantivo, conhecimento processual, conhecimento epistemológico, pensamento crítico, capacidade de exposição de ideias, de elaboração de argumentos, de análise e de síntese”.

A interação entre CTS se dá através de tema gerador que propicia a participação ativa dos alunos, a solução de problemas e a tomada de decisão, como ensinam Santos e

Mortimer (2000). O tema escolhido precisa ter relevância social. Cabe verificar se, de fato, o problema detectado aflige a sociedade e se, além disso, mostra alguma relação entre Ciência e Tecnologia e encontra-se inserido no contexto sociocultural do educando. Sendo assim, no caso deste estudo, tem-se a cidade de Nossa Senhora da Glória, SE, cuja principal atividade econômica é a pecuária, o que promove a existência de quantidade significativa de dejetos orgânicos na região, situação-problema de boa parte da realidade brasileira centrada na agropecuária. Portanto, a temática se mostra relevante para o desenvolvimento de projetos que visem o desenvolvimento de fontes de produção de energia renovável.

O objetivo geral deste artigo é descrever a construção de um biodigestor a ser utilizado no laboratório de uma escola de Ensino Médio, numa perspectiva CTS. A intenção é orientar os alunos envolvidos para reconhecerem que a tecnologia de biodigestão está inserida em seu contexto social. Para tanto, foram projetados as seguintes atividades: a) realizar uma visita técnica para observação de um biodigestor em funcionamento; b) evidenciar os aspectos sociais, econômicos e ambientais contemplados pelo funcionamento do biodigestor; c) discutir a importância do reaproveitamento dos resíduos sólidos essencialmente rurais (dejetos animais) e em parte urbanos (matéria orgânica); e por fim, d) propor explicações e soluções para os problemas apresentados na produção do biogás a partir do uso da tecnologia de biodigestão.

Procedimentos metodológicos

O campo de pesquisa desse estudo foi o Centro de Excelência Manoel Messias Feitosa de Ensino Médio integral, localizada na região do Agreste Sergipano, município de Nossa Senhora da Glória. Nessa escola há oferta de cursos temáticos, chamados de eletivas, em que os alunos fazem a sua inscrição de forma espontânea. As temáticas são estudadas em duas aulas semanais (50 min cada). Isso possibilitou trabalhar a temática “biodigestores” para a compreensão e análise da tecnologia a partir dos conteúdos de conversão de

energia, reações bioquímicas, fermentação anaeróbia, conceitos de cinética (temperatura), estudo sobre o pH, funções inorgânicas (ácidos e bases) e reação de neutralização.

Os alunos estavam cursando o ano letivo de 2017 e contou-se com a participação de 36 estudantes. A pesquisa, realizada no período de junho a setembro desse mesmo ano, foi do tipo qualitativa, cuja característica marcante é a flexibilidade, permitindo ao pesquisador incorporar técnicas de coleta de dados mais adequadas à pesquisa que está sendo feita (Martins, 2004), e foi baseada na técnica de pesquisa-Ação (Tripp, 2005).

A intervenção didática realizada está apresentada no Quadro 1, no qual é observada a existência de 3 momentos

Com o enfoque CTS nos currículos de Ciências é possível romper com o paradigma conservador, tirando o professor do centro do conhecimento e tornando o aluno protagonista no exato momento em que descobre, pesquisa, constrói ou produz o conhecimento científico.

relevantes, a saber: processos investigativo, formativo e avaliativo. Na análise investigativa a técnica de coleta e análise das concepções prévias foi o grupo focal, pois promove discussão informal a partir da introdução de um tema social, gerando discussões com foco a partir de perguntas e questionamentos. Nessa perspectiva, a turma foi dividida em 3 grupos de 12 alunos e os atores se dividiram para liderar a reflexão. No entender de Cruz Neto, Moreira e Sucena (2002), a principal característica de um grupo focal é trabalhar a reflexão através da fala dos participantes, na qual eles apresentam seus conceitos, opiniões e concepções sobre um determinado tema. Após o levantamento de concepções prévias os alunos foram desafiados a pesquisar os seguintes temas: a) Biomassa e biogás: conceitos e principais fontes no Nordeste; b) Como a matéria orgânica pode ser usada para produzir energia? c) Uso de biodigestores e aspectos econômicos, sociais e ambientais. Os alunos tiveram duas semanas para se prepararem. No final desse momento, um vídeo do programa *Globo Rural* foi exibido e discutido.

Quadro 1: Atividades desenvolvidas em 11 encontros (com duas aulas para cada encontro)

Processo Investigativo (2 aulas)
<p>1º Momento: - Conhecimentos prévios dos alunos a partir de grupos focais, divisão em grupos de pesquisa e sorteio de temáticas para apresentação oral.</p> <p>- Vídeo do <i>Globo Rural</i>: "BIOGÁS - Pequenos agricultores do Nordeste produzem gás para sua cozinha" (https://www.youtube.com/watch?v=oMwO5Zw-Cgs).</p>
Processo Formativo (18 aulas)
<p>2º Momento: Visita técnica a uma propriedade que usa o biogás para geração de energia térmica.</p> <p>3º Momento: Apresentação oral das temáticas pesquisadas e discussões dos modelos de biodigestores.</p> <p>4º Momento: Argumentação para a escolha do biodigestor a ser construído.</p> <p>5º, 6º e 7º Momentos: Construção do biodigestor.</p> <p>8º Momento: Alimentação do biodigestor por dejetos bovinos e início da aplicação do estudo de caso.</p> <p>9º Momento: Pesquisa em <i>sites</i> na internet sobre a temática do estudo de caso.</p> <p>10º Momento: Discussões e apresentação das soluções a partir dos resultados da aplicação do estudo de caso.</p>
Processo Avaliativo (2 aulas)
<p>11º Momento: Avaliação de aprendizagem pela Análise Textual Discursiva.</p>

FONTE: autoria própria.

No processo formativo ocorreram mais nove momentos. No segundo momento houve uma visita técnica com o intuito dos alunos perceberem que os dejetos bovinos (biomassa) podem ser utilizados para produção de energia. No terceiro, os alunos analisaram os aspectos ambientais, sociais e econômicos da tecnologia a partir de uma pesquisa e, posteriormente,

fizeram uma apresentação oral seguida de discussões. No quarto, os educandos protagonizaram a escolha do biodigestor mediada pelos professores. Após a escolha, nos três momentos posteriores ocorreu a construção do biodigestor. No oitavo momento o biodigestor foi alimentado com dejetos animais.

Enquanto ocorria a transformação da matéria orgânica em biogás no biodigestor, o estudo de caso foi outra atividade realizada em sala de aula, correspondente aos nono e décimo momentos. De acordo com Sá e Queiroz (2010), dessa maneira se favorece o protagonismo do aluno, permitindo que ele direcione sua própria aprendizagem enquanto explora a ciência envolvida em situações complexas, a fim de solucionar os problemas. No Quadro 2 está descrito o estudo de caso utilizado em sala de aula.

Quadro 2: Estudo de caso aplicado em sala de aula

Estudo de caso
<p>Há aproximadamente 3 meses, na cidade de Lagarto, SE, João, um fazendeiro, dono de mil cabeças de gado, decidiu investir em mais mil. Contudo, percebeu uma ampla quantidade de dejetos produzidos diariamente e notou que isso era um problema. Ele já não sabia mais o que fazer, quando seu vizinho mais próximo o aconselhou a construir um biodigestor. João seguiu o conselho de seu vizinho, e decidiu construir um biodigestor contínuo, modelo da Marinha. Passaram-se 90 dias e, ao usar o gás produzido, ele se desesperou, pois a mistura era pouco inflamável, e a combustão não era suficiente para a geração de energia. Além disso, após algum tempo João percebeu que o metal do motor utilizado para conversão de energia estava enferrujando rápido. Preocupado com esta situação, João resolveu pedir ajuda a seu sobrinho que estuda no colégio de sua cidade.</p> <p>– Alô, Pedro, aqui é seu tio João, como vai?</p> <p>– Olá tio, tudo bem. Como vai o senhor?</p> <p>– Estou com um problema com meu biodigestor. Talvez você e seus colegas possam me ajudar.</p> <p>– Do que se trata, tio?</p> <p>– Construí um biodigestor, para o reaproveitamento dos dejetos de minhas 2 mil cabeças de gado. Acontece que se passaram 90 dias e a mistura de gases produzidos não foi suficiente para abastecimento energético de minha fazenda, e ainda o motor utilizado para conversão de energia térmica em elétrica está enferrujando muito rápido.</p> <p>– OK, tio, conheço alguns amigos que estudaram sobre biodigestores na eletiva da Escola de Tempo Integral do Centro de Excelência Manoel Messias Feitosa. Explicarei a sua situação, e em breve entrarei em contato com o senhor.</p> <p>– Peço que faça isso o mais rápido possível, pois não vejo alternativa mais econômica e sustentável para reaproveitar os estrumes.</p> <p>Proposta: Vocês são amigos de turma do sobrinho de João, e terão que ajudá-lo a descobrir o que está acontecendo nesta situação e propor soluções para o problema.</p>

FONTE: autoria própria.

Um questionário composto por 13 (treze) questões, descritas por Sá e Queiroz (2010), foi entregue aos alunos para

orientá-los na tomada de decisão no Estudo de Caso, que deveria ser exposta de modo argumentativo. As perguntas foram: 1) Qual o principal assunto (problema) abordado, ou seja, do que trata o caso? 2) Qual a sua principal causa? 3) Quais são os temas principais? 4) Como o problema apresentado se mostra vinculado a questões sociais, econômicas, ambientais e éticas? 5) Qual a gravidade do problema? 6) O que você sabe sobre esse caso? 7) O que vocês precisam saber para solucionar o problema? 8) Que medidas podem ser tomadas para saná-lo? 9) As medidas por vocês apontadas acima são importantes para resolver a situação-problema? Explique. 10) Que medida foi indicada para resolvê-lo? 11) Apresente as vantagens e desvantagens da opção escolhida para a solução do problema em relação a outras possíveis alternativas. 12) De que maneira a solução apresentada pode refletir no dia-a-dia das pessoas envolvidas no caso, levando em considerações aspectos sociais, econômicos, ambientais e éticos? 13) Reúnam todo o material, indiquem um representante do grupo para apresentar de forma oral a solução do problema e explicar porque vocês acreditam ser o melhor a fazer.

Por fim, no último momento foi avaliada a aprendizagem através da Análise Textual Discursiva (ATD). Moraes e Galiuzzi (2011) defendem que a ATD pode ser compreendida como um processo de construção de novos significados, em relação à produção textual, através da desmontagem dos textos, considerada como processo de unitarização. Posteriormente, foram estabelecidas as relações denominadas de categorização. Em seguida, deu-se a etapa de construção do metatexto para explicar a compreensão que se apresenta como produto de uma nova combinação dos elementos construídos e, por fim, procedeu-se a um processo auto-organizado do qual emergiram novas compreensões. Foi, ainda, desenvolvida uma etapa de produção textual individual pelos alunos intitulada: “Elabore um texto dissertativo-argumentativo descrevendo como a matéria orgânica pode ser usada para a produção de energia e apresente os aspectos sociais, ambientais e econômicos do uso da tecnologia de biodigestão e suas desvantagens”.

Resultados e Discussão

Processo investigativo: grupo focal

Observou-se que os estudantes não detinham conhecimentos científicos sobre como transformar resíduos sólidos orgânicos em energia. Prevaleram as concepções alternativas, aquelas espontâneas que tentam dar significado ao que foi perguntado. Assim, os alunos, mesmo tendo na cidade local um perfil adequado para uso de biodigestor, não apresentaram concepções sobre os impactos ambientais causados pelo aterramento inadequado do lixo e a disposição imprópria de dejetos orgânicos no solo.

Processo Formativo

O documentário produzido pelo programa *Globo Rural* aborda as vantagens do uso de biodigestores, sua viabilidade econômica e social como ponto de partida para o estudo da temática, a fim de motivar o aluno. Foi realizada, ainda, uma visita técnica ao povoado Periquito de Felícia, pertencente administrativamente à cidade onde está situado o colégio. Durante a visita, foi possível compreender e analisar o funcionamento e a utilização de um biodigestor. Surgiram muitos questionamentos por parte dos alunos englobando conteúdos diversificados de Química e Biologia, que foram respondidos pelo professor e pelos proprietários dos biodigestores. Nessa etapa foram percebidos aspectos multidisciplinares sobre a temática. Com isso os alunos perceberam que a construção de um biodigestor é econômica e socialmente viável, uma vez que permite reaproveitar resíduos sólidos, tanto urbanos como rurais, evitando a contaminação do ambiente, uma vez que a destinação desses resíduos seria os lixões ou aterros sanitários.

Em seguida, os alunos apresentaram oralmente os temas descritos na metodologia, explanando acerca da riqueza existente em biomassa na região em estudo. O papel do professor foi analisar se as informações apresentadas pelos alunos eram verídicas, discutir possíveis controvérsias e mediar as discussões.

Com a finalidade de formar alunos autônomos, sujeitos ativos no processo de ensino e aprendizagem, foi proposto aos educandos que pesquisassem sobre como construir um biodigestor e qual o modelo mais viável para a escola. Para tal, foram analisadas as vantagens e desvantagens das possíveis alternativas. Nesse contexto, foi sugerida aos alunos a elaboração de uma tabela, em que foram elencados os modelos possíveis de biodigestores. Os aspectos de interesse foram: materiais utilizados, custo do projeto, facilidade de

construção, facilidade de manutenção e operação, produção de gás, espaço ocupado pelo equipamento, necessidade de acessórios, segurança e matéria orgânica a ser utilizada.

Os alunos apresentaram alguns tipos e modelos de biodigestores para ser escolhido apenas um, a fim de ser construído. Os biodi-

gestores podem ser encontrados em diversos modelos, cada um com suas características, vantagens e desvantagens. Os modelos mais utilizados no Brasil devido ao fácil manuseio, alto rendimento e baixo custo são: o chinês, o indiano e o paquistanês (Bezerra *et. al.*, 2013). Os modelos elencados pelos alunos foram o da Marinha, o indiano e o chinês. O primeiro foi descartado devido ao alto custo da compra de materiais e ao grande espaço a ser ocupado. O indiano caracteriza-se por possuir uma campânula geralmente metálica como gasômetro, elevando seu custo de implantação, além de sofrer corrosão, possuindo uma curta vida útil (Machado, 2013). Por fim, o modelo chinês, segundo Pecora (2013), é

Observou-se que os estudantes não detinham conhecimentos científicos sobre como transformar resíduos sólidos orgânicos em energia. Prevaleram as concepções alternativas, aquelas espontâneas que tentam dar significado ao que foi perguntado.

construído quase que completamente em alvenaria, dispensando o uso de gasômetro em chapa de aço, o que reduz os custos; no entanto, podem ocorrer dificuldades como o vazamento de biogás. O professor, entretanto, explicou para os alunos que a escola não dispõe de tempo e muito menos de recursos para fazer qualquer desses modelos.

Dessa forma, após novas discussões e buscas em *sites* na internet, escolheu-se um biodigestor artesanal (caseiro) de alimentação contínua. Segundo Faria *et al.* (2014), essa é uma alternativa de reaproveitamento de matéria orgânica cuja implementação é simples e requer materiais de fácil obtenção e baixo custo, tornando o projeto acessível a qualquer pessoa que deseje possuir um biodigestor. Nessa etapa, o papel do educador foi apenas direcionar as discussões para que os alunos não perdessem o foco, e questioná-los quando sugerissem o modelo, a fim de desenvolver a habilidade de argumentação nos educandos.

A construção do biodigestor gerou o modelo descrito na Figura 1. Ele é formado por dois componentes: o digestor (bombona à esquerda), onde ocorre a digestão anaeróbica, e o gasômetro (conjunto de bombonas à direita), local onde se realiza a remoção do gás carbônico (CO_2) e do ácido sulfídrico (H_2S) e o armazenamento do metano (CH_4) produzido no processo. Uma mangueira sai do gasômetro em direção do bico de Bunsen, onde ocorre a combustão do metano. A sua construção se estendeu por três semanas. Como a turma de alunos era grande, foi dividida em grupos, dos quais o primeiro ficou responsável por acompanhar o diretor na compra dos equipamentos e fazer a limpeza das bombonas; o segundo grupo iniciou os cortes das bombonas e a montagem do reator; e o terceiro grupo ficou responsável por coletar os estrumes de boi, fazer sua diluição em água e alimentar o biodigestor, principalmente com esterco bovino e, posteriormente, resíduos orgânicos oriundos da cozinha escolar em pequena escala.



Figura 1: Biodigestor construído pelos alunos. FONTE: autoria própria.

O biodigestor levou aproximadamente 25 dias para iniciar a produção de metano. Entre os fatores físicos que afetam as velocidades das reações bioquímicas, a temperatura é uma das mais importantes na produção de biogás. O biodigestor

foi construído no período de inverno. Localizado na cidade com a segunda maior altitude do Estado de Sergipe, a temperatura em que o reator iniciou seu funcionamento foi na faixa de 22°C . Sendo assim, pode-se considerar que as bactérias predominantes na digestão anaeróbica foram as mesofílicas que, segundo o *Guia técnico de aproveitamento energético de biogás...* (Brasil, 2015), operam em temperaturas situadas entre 20°C e 40°C .

Enquanto o biodigestor não produzia, foi solicitado aos alunos que se organizassem em quatro grupos para iniciar as pesquisas no laboratório de informática da escola visando a identificação da problemática de um estudo de caso. Foi possível notar que os alunos sentiam dificuldades em compreender conteúdos básicos de Química. A intervenção do professor foi de fundamental importância para esclarecer dúvidas sobre os conteúdos que seriam primordiais para a resolução do estudo de caso. Em seguida, os grupos se uniram para a apresentação da solução, que foi dividida em quatro etapas, descritas a seguir.

Inicialmente, os alunos sentiram dificuldades em encontrar a causa do problema, pois eles não conseguiram associar a oxidação com o enferrujamento. O professor sugeriu que eles elaborassem uma tabela, na qual foram elencados os aspectos que eles sabiam sobre o caso, e o que ainda precisariam descobrir. Em seguida, foi entregue pelo docente um questionário que serviu para orientá-los até a solução do caso, conforme descrito na metodologia. Após discussões e buscas bibliográficas, os alunos identificaram que o problema ocorreu porque as reações bioquímicas no biodigestor não produziram gás metano suficiente para o abastecimento energético. Após detectar a causa do problema, e a partir de buscas na internet, os alunos identificaram as reações químicas envolvidas no processo de digestão anaeróbica, os produtos dessas reações, e os fatores que influenciam na produção de biogás, e, em específico, do gás metano.

Na etapa seguinte, os alunos sentiram dificuldades em relacionar os conteúdos científicos à tecnologia, apesar de terem feito levantamentos na internet. Nesse ponto houve a intervenção do professor, que discutiu com os alunos conteúdos sobre cinética (temperatura), pH e digestão anaeróbica, uma vez que estes fatores podem interferir na produção de metano. Segundo Oliveira e Higarashi (2006, p. 11), a produção de um biodigestor está associada “[...] à sequência bioquímica das transformações metabólicas do processo, bem como de uma série de fatores que interferem no processo, entre os quais, temperatura, pH, concentrações de sólidos e composição do substrato”.

Na terceira etapa, os alunos chegaram à conclusão de que a melhor maneira do biodigestor ter um bom rendimento de biogás é controlar bem a temperatura; segundo eles:

De acordo com a cinética química, a temperatura aumenta a velocidade de uma reação, no caso o processo de biodigestão ser feita por microrganismo, a temperatura deve ser estável, a melhor seria

entre 35 a 37 graus, aumento ou diminuição brusca de temperatura interfere na produção de gás. Além disso, como estava no período de inverno, a temperatura pode ter oscilado bastante, comprometendo o rendimento de gás metano.

Discutimos duas possíveis alternativas: segundo os alunos, o proprietário pode: “fazer um aquecimento interno no biodigestor, ou um isolamento térmico no reator nos meses de inverno. Também pode ter alguma entrada de oxigênio, pois as bactérias anaeróbias são sensíveis ao oxigênio”. Outro fator descrito e discutido com os alunos foi a acidez do meio:

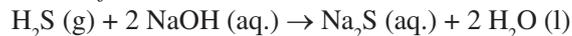
para um melhor funcionamento, o pH deve estar próximo do neutro. E se forem usados pesticidas ou antibióticos eles interferiram na produção de biogás. Então, o proprietário deve frequentemente controlar a temperatura e o pH do biodigestor, se o pH ficar baixo, ele pode fazer esta correção na próxima alimentação, pode colocar uma substância com caráter básico para neutralizar ou balancear o pH. Ele pode, ainda, verificar o pH através de papeis indicadores, e a amostra deve ser aquela que está saindo do biodigestor.

Por fim, na última etapa, depois de estudados os conteúdos sobre oxidação, reações bioquímicas na digestão anaeróbia e os gases que são produzidos na biodigestão, os alunos chegaram à conclusão de que a causa do enferrujamento é o sulfeto de hidrogênio, pois entre os gases produzidos na biodigestão, em específico o H_2S constitui-se “... no principal problema para a viabilização de seu armazenamento e na produção de energia. Equipamentos mais sofisticados [...] têm vida útil extremamente reduzida”, segundo Oliveira e Higarashi (2006). Após algum tempo investigando, os estudantes ressaltaram que: “o proprietário pode usar cal ou soda cáustica”. No entanto, os alunos foram questionados pelo professor porque utilizariam soda cáustica ou cal. A resposta foi: “Não sei, só tem isso aqui na internet”. Dessa forma, os autores desta pesquisa perceberam a necessidade de ensinar conteúdos sobre ácidos e bases de Arrhenius, reação de neutralização, força dos ácidos e bases, principais bases e seus nomes de comercialização. Assim, observou-se uma evolução nas respostas dos alunos ao serem questionados novamente pelo professor:

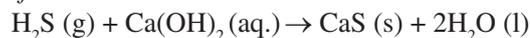
a melhor maneira para evitar este problema seria borbulhar no biogás, com o auxílio de um difusor, uma solução concentrada de hidróxido de cálcio, comercializada como cal hidratada ou hidróxido de sódio (conhecido como soda cáustica), através de uma reação de neutralização entre o ácido (H_2S) mais a base originando um sal.

Abaixo as reações químicas descritas pelos alunos:

Se utilizar o hidróxido de sódio o produto formado é o sal sulfeto de sódio



Se usar o hidróxido de cálcio o produto é o sal sulfeto de cálcio



Entretanto, os alunos foram questionados sobre qual base entre as citadas seria mais viável utilizar no biodigestor do estudo de caso. Ao fazer a análise, deve-se levar em consideração: força das bases, solubilidade, e qual o produto desta reação e, ainda, se seria possível reaproveitar o sal (produto da reação), além de se considerar que o mesmo pode causar algum impacto no ambiente. Então, eles retornaram à pesquisa com outro problema para solucionar.

No momento seguinte os alunos se reuniram, formando um único grupo, e pronunciaram a solução para o caso do enferrujamento do motor no estudo de caso:

Concluimos que a solução concentrada de cal (hidróxido de cálcio) é a melhor opção, pois tem um baixo custo para sua obtenção, entretanto reage brandamente com água, mas o produto formado desta reação é um sal denominado sulfeto de cálcio, que, se oxidado, forma o sulfato de cálcio que tem larga aplicação na agricultura e não agride tanto o ambiente.

Processo Avaliativo

O Quadro 3 apresenta as categorizações descritas pela ATD, que indicou 4 categorias convergentes de visão de ciência, a saber: a química na biodigestão, concepções econômicas, concepções ambientais e concepções sociais. Essas categorias são interdependentes quanto aos aspectos CTS.

Notam-se na primeira categoria várias subcategorias, todas elas estão apontando para conhecimentos básicos de Química. A categoria *Concepções econômicas* mostra a relevância para o produtor rural em substituir a produção de energia pelo petróleo por outra renovável. Na categoria *Concepções ambientais* os alunos colocam em destaque o reaproveitamento dos resíduos sólidos e, com isso, a redução de contaminação. Por fim, nas *Concepções sociais*, os alunos exploraram o saneamento básico e o evitar doenças e pragas. Em contrapartida, os alunos ressaltaram em seus textos que, como qualquer outra tecnologia, o biogás apresenta uma desvantagem, pois além de CH_4 , CO_2 , H_2 , N_2 , formam-se traços de H_2S :

O uso de biogás apresenta uma desvantagem que é a formação de H_2S , pois ele é um gás corrosivo e tóxico ao ser humano. Ao entrar em contato com metal, pode provocar a sua oxidação causando prejuízo ao proprietário. A remoção de vapor de água e gases corrosivos é de fundamental importância para a viabilidade do uso em longo prazo.

Quadro 3 Categorizações das produções textuais pela ATD

CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS	UNIDADES DE SENTIDO
A Química na Biodigestão	Fermentação anaeróbia	"... o biogás... produzido pela decomposição da matéria orgânica na ausência de oxigênio..."
	Produção de gases	"... no biodigestor são produzidos gases metano, CO ₂ , N ₂ , H ₂ , H ₂ S..."
	Fatores que afetam a produção de biogás	"...pH deve estar entre 6,4 e 7,8, temperatura deve estar em média a 35°C, oxigênio, entre outros..."
Concepções Econômicas	Energia Renovável	"...com a escassez do petróleo e a poluição ambiental é viável investir em energia renovável..."
	Combustível	"...o biodigestor fornece combustível reduzindo a dependência pelo petróleo..."
	Alternativa Tecnológica	"...o biodigestor é uma alternativa tecnológica que pode gerar benefícios ambientais pela eliminação dos resíduos e geração de energia térmica e elétrica..."
Concepções Ambientais	Reaproveitamento	"...reaproveitamento dos dejetos e qualquer tipo de biomassa que poderiam ser descartados inadequadamente no meio ambiente..."
	Redução de contaminação	"...o biodigestor traz vários benefícios ambientais, pois ele reduz a contaminação do solo, água, e do ar..."
Concepções Sociais	Saneamento básico	"...os biodigestores podem diminuir problemas causados pela falta de saneamento básico..."
	Evitar doenças e pragas	"...dejetos de animais nas propriedades rurais é um problema pois afeta o meio ambiente e conseqüentemente a saúde humana..." "...a contaminação do ambiente pode provocar o surgimento de doenças... surgimento de pragas, animais transmissores de doenças e insetos..."

FONTE: autoria própria.

Com isso, percebe-se como os alunos relacionaram a tecnologia à ciência, pois para favorecer uma formação cidadã, sujeitos alfabetizados tecnologicamente devem ir além de somente dominar os artefatos tecnológicos. Segundo Santos e Mortimer (2000), a educação no enfoque CTS não deve se limitar apenas ao uso de tecnologias e à compreensão de seu funcionamento, pois isto é alienante. O ensino precisa contribuir para a busca de um desenvolvimento sustentável.

Inicialmente os alunos não tinham percepção acerca dos problemas ocasionados pelo descarte inadequado dos dejetos rurais e matéria orgânica urbana; e não apresentavam conhecimento sobre como transformá-los em energia. Assim, a partir dos relatos verbais, que foram constantes nas aulas, a construção de um biodigestor, abordada por meio do enfoque CTS, mostrou que a produção de biogás através da matéria orgânica (esterco de animais) e, posteriormente, por restos de alimentos, é econômica e ambientalmente viável, podendo ser usada como fonte de energia térmica e elétrica, desde que, como ressaltado pelos alunos, haja um tratamento para purificação do gás, descrito no estudo de caso. Dessa forma, auxilia-se na diminuição do uso dos combustíveis fósseis e na diminuição dos impactos ambientais causados

pelo descarte de resíduos sólidos oriundos de esterco proveniente da criação de animais ou pela falta de aproveitamento de resíduos da cozinha.

Essas ideias foram internalizadas pelos alunos, como pode ser observado nos resultados da Análise Textual Discursiva (ATD). Nesse contexto, se buscou desenvolver uma intervenção a fim de ensinar conteúdos interdisciplinares. Com isso, considera-se que o tema abordado consolidou o aprendizado de vários conteúdos com o propósito de compreender o funcionamento da tecnologia, tais como: conversão de energia, reações bioquímicas, digestão anaeróbia, conceitos de cinética (temperatura), estudo sobre o pH, funções inorgânicas (ácidos e bases), reação de neutralização, de maneira a contribuir para a formação do sujeito para o exercício da cidadania.

Os alunos, quando engajados pelo professor acerca de um problema, motivam-se, buscam por suas respostas. Entretanto, é necessário ter acesso não somente ao conhecimento estanque da ciência, mas também de qual forma ela está inserida na sociedade e analisar as vantagens e desvantagens que a tecnociência nos proporciona, não somente no sentido de entender e analisar artefatos tecnológicos, mas de

ter condições necessárias para intervir, quando for preciso, sobre o uso desses produtos.

Conclusões

A construção de um biodigestor na escola trouxe aos discentes várias tomadas de decisões em relação ao conhecimento de base principalmente da disciplina de Química. Os resultados evidenciam, ainda, o investimento dos professores em promover alguns destes conhecimentos para os alunos, de modo que eles pudessem dar sentido a cada ação investigada. Nas discussões que desenvolveram entre si, os alunos conseguiram articular e refletir sobre os conhecimentos de base, de modo a elaborar hipóteses e conclusões para os gargalos tecnológicos da construção de um biodigestor, elaborando, assim, argumentos. Porém, transcendeu a ciência da Química, com as análises dos aspectos sociais, econômicos e ambientais dessa tecnologia norteadas pelas relações Ciência, Tecnologia e Sociedade. Esse procedimento culmina numa formação crítica dos alunos, capazes de intervir na sociedade de maneira a transformá-la. Além

Nas discussões que desenvolveram entre si, os alunos conseguiram articular e refletir sobre os conhecimentos de base, de modo a elaborar hipóteses e conclusões para os gargalos tecnológicos da construção de um biodigestor, elaborando, assim, argumentos. Porém, transcendeu a ciência da Química, com as análises dos aspectos sociais, econômicos e ambientais dessa tecnologia norteadas pelas relações Ciência, Tecnologia e Sociedade.

disso, os discentes aprenderam a “pesquisar”, ou seja, retirar informações da internet, interpretá-las e dar significados a elas. Conclui-se, portanto, que os alunos podem ser multiplicadores de projetos de biodigestores, por terem conhecimentos suficientes quanto à produção de energia renovável, numa cidade que representa a realidade de muitas outras também de economia agropecuária.

Valéria Vieira Moura Paixão (valerivieira_adm@hotmail.com), licenciada em Química pela Faculdade Pio Décimo, Aracaju, SE – BR. **Carlos Henrique Batista** (chenriqueb@ig.com.br), licenciado em Química pela Universidade Federal de Sergipe, especialização em Química pela Universidade Federal de Lavras e mestrado em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes. Atualmente é Professor do Governo do Estado de Sergipe em Nossa Senhora da Glória, Aracaju, SE – BR. **Maria Clara Pinto Cruz** (clara_aju@yahoo.com.br), graduada em Química Industrial pela Universidade Federal de Sergipe, licenciada em Química pela Faculdade Pio Décimo, mestra em Química e doutora em Engenharia Química, ambos pela Unicamp. Atualmente é professora no curso de Licenciatura em Química da Faculdade Pio Décimo e pesquisadora no Instituto de Pesquisa Interinstitucional de Sergipe (IPISE), Aracaju, SE – BR.

358

Referências

BARBOSA, G.; LANGER, M. Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental. *Unesco & Ciência – ACSA*, Joaçaba, v. 2, p. 87-96, 2011.

BAZZO, W. A. Quase três décadas de CTS no Brasil! Sobre avanços, desconfortos e provocações. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, Ponta Grossa, v. 11, p. 50-68, 2018.

BEZERRA, I. L. S.; REVORÊDO, R. A.; BEZERRIL, R. T.; SILVA FILHO, P. C.; *Produção de gás combustível: construção de um biodigestor caseiro*. IX Congresso de Iniciação Científica do IFRN: Tecnologia e Inovação para o Semiárido, 2013. Disponível em <http://portal.ifrn.edu.br/pesquisa/editora/livros-para-download/anais-do-ix-congic-ifrn>, acessada em junho de 2018.

BRASIL. Ministério das Cidades. *Guia Prático do Biogás: Geração e Utilização*. 2010. Disponível em http://web-resol.org/cartilhas/giz_guiapratico_do_biogas_final.pdf, acessada em novembro de 2017.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. *Probiogás. Guia técnico de aproveitamento energético de biogás em estações de tratamento de esgoto*. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2015.

CRUZ NETO, O.; MOREIRA, M. R.; SUCENA, L. F. M. *Grupos Focais e Pesquisa Social Qualitativa: o debate orientado como técnica de investigação*. In: XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais (ABEP); 2002; Nov 4-8; Ouro Preto; 2002. Disponível em <http://www.abep.nepo.unicamp.br>, acessada em julho de 2018.

FARIA, F. H. O. V.; BIFARONI, R. G.; BRACALENTE, J. *Biodigestor Caseiro para Produção de Biogás a Partir de Lixo Orgânico*. 2014. Disponível em http://www.ib.unicamp.br/dep_biologia_animal/BE310, acessada em junho de 2018.

KARLSSON, T.; KONRAD, O.; LUMI, M.; SCHMEIER, N. P.; MARDER, M.; CASARIL, C. E.; KOCH, F. F.; PEDROSO, A. G. *Manual básico de biogás*. Lajeado: Ed. da Univates, 2014.

MACHADO, A. G. B. *Biodigestor Indiano*. *Portal dos Resíduos Sólidos*. 2013. Disponível em <http://www.portalresiduossolidos.com/biodigestor-indiano/>, acessada em dezembro de 2017.

MARTINS, H. H. T. S. Metodologia qualitativa de pesquisa. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 30, p. 289-300, 2004.

MARTINS, I. P.; PAIXÃO, F. *Perspectiva Atuais Ciência – Tecnologia – Sociedade no Ensino e na Investigação em Educação em Ciência*. 2011. Disponível em http://blogs.ua.pt/isabellmartins/bibliografia/CapL_13_IPMartins_FPaixao_Perspectivas_CTS_2011.pdf, acessada em junho de 2018.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. *Análise Textual Discursiva*, 2ª edição revisada. (Coleção Educação em Ciências) Ijuí: Editora Unijuí, 2011.

OLIVEIRA, P. A. V.; HIGARASHI, M. M. *Geração e Utilização de Biogás em Unidades de Produção de Suínos*. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2006.

PECORA, V. *Implementação de uma Unidade Demonstrativa de Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás de Tratamento do Esgoto Residencial da USP: estudo de caso*. Dissertação (mestrado), Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia. Universidade de São Paulo, 2006. Disponível em http://www.iee.usp.br/producao/2006/Teses/tese_vanessapecora.pdf, acessada em julho de 2018.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. *Ciência & Educação*, v. 13, p. 71-84, 2007.

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. *Estudo de Casos no Ensino de Química*. 2ª. ed. Campinas: Átomo, 2010.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia

– Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio*, Belo Horizonte, v. 2, p. 110-132, 2000.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. *Educação & Pesquisa*, São Paulo, v. 31, p. 443-466, 2005.

Para saber mais

LEMOS, E. G. M.; STRADIOTTO, N. R. *Bioenergia: desenvolvimento, pesquisa e inovação*. São Paulo: Ed. Unesp, 2012.

Abstract: *Construction of a biodigester in school: a case study based on a science, technology and society perspective (STS)*. This article describes a classroom report on the construction of a biodigester. Action research was the method used. For the collection and analysis of previous conceptions, the focal group technique was used. Subsequent activities were divided into ten (10) moments, in which we sought to discuss and contextualize Science, Technology and Society (STS) relations. Results showed that the teaching of chemical contents was relevant in the formation of subjects for citizenship and contributed to the appropriation of scientific concepts necessary to understand their social, environmental and economic aspects.

Keywords: biodigester. chemistry teaching. science. technology. society.