

A aquaponia como ferramenta didático- metodológica no ensino de ciências e matemática: experiências e propostas didáticas no contexto amazonense

RESUMO

Jerson Sandro Santos de Souza

jerson.souza@seducam.pro.br

0000-0002-9812-5009

Secretaria Estadual de Educação,
Manaus, Amazonas, Brasil.

**Rondon Tatsuta Yamane Baptista
de Souza**

rondon.souza@ifam.edu.br

0000-0002-5459-6167

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Amazonas, Itacoatiara,
Amazonas, Brasil.

Leandro de Oliveira Souza

olilean@gmail.com

0000-0003-1626-0766

Universidade Federal de Uberlândia,
Ituiutaba, Minas Gerais, Brasil.

Neste artigo, apresentam-se algumas reflexões sobre o uso pedagógico de sistemas aquapônicos no ensino de ciências e matemática, fundamentadas em análise teórica com base bibliográfica. Discute-se o modo como essa proposta didático-metodológica pode engendrar ambientes de aprendizagem propícios a diminuir a distância entre teoria e prática e a integrar as disciplinas de caráter científico com a tecnologia. Dentre os textos analisados, destacam-se duas experiências didáticas, uma delas desenvolvida pelo segundo autor, em sua dissertação de mestrado (SOUZA, 2018), e a outra foi por ele orientada, realizada no contexto de um projeto de conclusão de curso técnico (SILVA *et al.*, 2018). As experiências descritas nesses trabalhos envolveram alunos da periferia e da zona rural da cidade de Itacoatiara, no interior do estado do Amazonas. Nelas, o uso da aquaponia justificou-se não só pelo seu potencial de permitir um trabalho colaborativo e investigativo, mas também porque possibilitou atender uma demanda social da região: uma forma alternativa de cultivo de peixes e hortaliças, em uma região onde há abundância de água e o solo é pouco fértil. Para os fins deste artigo, essas experiências não foram aplicadas a um novo público de alunos, mas, sim, analisadas a partir de novo enfoque, ampliando a perspectiva original desses trabalhos para fins educacionais: a primeira, descrita na dissertação, foi analisada segundo a perspectiva das possibilidades e limitações do uso educacional da aquaponia; e a segunda, discutida no projeto de conclusão, foi analisada à luz dos pressupostos da modelagem matemática, sendo rerepresentada como proposta didática. Conclui-se o trabalho argumentando que o uso pedagógico de sistemas aquapônicos pode contribuir para o ensino de ciências e matemática com um suporte empírico-concreto em atividades organizadas segundo os pressupostos da modelagem matemática e com situações didáticas abertas a questões de relevância social.

PALAVRAS-CHAVE: Aquaponia. Ensino de Ciências e Matemática. Modelagem Matemática.

INTRODUÇÃO

A aquaponia é um sistema de produção agroalimentar que integra a hidroponia (cultivo de plantas sem um substrato) com a aquicultura (cultivo de organismos aquáticos). O sistema não usa agrotóxico ou antibiótico. Ele utiliza a água de maneira racional para a produção de peixes e hortaliças, uma vez que não ocorrem desperdícios e isso torna a produção de alimentos mais sustentável. Das inúmeras possibilidades que o uso da aquaponia pode sugerir, há uma que estudamos e expomos neste artigo: seu potencial educacional. Na medida em que os contextos baseados em aquaponia apresentam às pessoas conceitos como recirculação de água, interações entre plantas, peixes e microrganismos, produção racional de alimentos, nutrição, sustentabilidade etc., temos a oportunidade de desenvolver, na prática, com alunos e professores, o potencial didático-pedagógico desse sistema para o ensino de ciências e matemática.

Dependendo do nível educacional, os sistemas aquapônicos podem ser utilizados para diferentes finalidades; por exemplo, eles podem servir como incentivo à nutrição e à linguagem artística para crianças ou como elemento favorecedor da integração das diferentes disciplinas de caráter científico com a tecnologia (GENELLO *et al.*, 2015). À vista disso, a utilização da aquaponia no ensino de ciências e matemática pode fornecer um consistente suporte empírico-concreto em atividades organizadas segundo os princípios de problematização, investigação e colaboração. Temos, portanto, uma ferramenta didático-metodológica potencialmente vantajosa no que toca à organização de um ensino que favoreça a aprendizagem.

No contexto amazonense, o uso da aquaponia tem ainda uma justificativa de relevância social, uma vez que permite atender a uma demanda da região: uma forma alternativa de cultivo de peixes e hortaliças, em uma região onde há abundância de água e o solo é pouco fértil. Desse modo, a partir de problemas reais e interessantes para os aprendizes, levando em consideração seus conhecimentos prévios, pode-se promover a articulação entre a construção e a aplicação de conceitos, dentro e para além das disciplinas.

Assim sendo, neste trabalho, teceremos, a partir de uma pesquisa bibliográfica, algumas reflexões sobre o uso pedagógico de sistemas aquapônicos. Discutiremos como a utilização desses sistemas, principalmente quando são aliados à modelagem matemática como metodologia de ensino, podem contribuir para o ensino de ciências e matemática, especialmente no que se refere à sua capacidade de favorecer a formação de cidadãos críticos, participativos e conscientes do papel que a matemática e as ciências exercem no mundo.

METODOLOGIA

Realizou-se uma pesquisa bibliográfica, pois esse tipo de metodologia permite “ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente” (GIL, 2008, p.50). Essa característica torna a pesquisa bibliográfica ideal para os fins deste artigo, uma vez que a aquaponia, enquanto elemento didático-metodológico, assume inúmeras facetas, muito difíceis de serem contempladas diretamente.

Segundo Lima e Mioto (2007, p.38), a pesquisa bibliográfica implica um “conjunto ordenado de procedimentos de busca por soluções, atento ao objeto de estudo, e que, por isso, não pode ser aleatório”. Dessa forma, realizaram-se, inicialmente, a seleção e a análise de diferentes textos científicos que apresentavam discussões de natureza psicológica, histórico-epistemológica e didática sobre a aquaponia. Em um segundo momento, efetuou-se um confronto das várias perspectivas oriundas desses textos, buscando-se evidências de como o uso didático de sistemas aquapônicos pode oferecer contextos que favoreçam a aplicação, a ampliação e o aprofundamento de conceitos científicos e matemáticos, além de promover o desenvolvimento das competências pessoais e socioculturais dos alunos.

As duas experiências didáticas discutidas neste artigo são parte da dissertação “Aquaponia: uma ferramenta didática para formação inicial e continuada de professores de ciências” (SOUZA, 2018) e do projeto de conclusão de curso técnico “Avaliação do desempenho produtivo de três variedades de alface no sistema aquapônico” (SILVA *et al.*, 2018). A proposta original da dissertação centra-se no uso pedagógico de sistemas aquapônicos, buscando a melhoria do processo de ensino e aprendizagem no contexto da formação inicial e continuada de professores de ciências. Já a proposta original do projeto de conclusão objetiva avaliar o desempenho produtivo de três variedades de alface, cultivadas no sistema aquapônico, em comparação ao modo convencional de produção. A dissertação foi escrita pelo segundo autor deste artigo e o projeto de conclusão de curso técnico foi por ele orientado.

Vale esclarecer que, para os fins deste artigo, as experiências descritas nos dois trabalhos supracitados não foram aplicadas a um novo público de alunos. Na verdade, as experiências foram analisadas de forma teórica, a partir de pesquisa bibliográfica, com o objetivo de tecer algumas reflexões sobre o uso pedagógico de sistemas aquapônicos no ensino de ciências e matemática. Ambas as experiências foram analisadas a partir de novo enfoque, ampliando a perspectiva original desses trabalhos para fins educacionais: a primeira experiência, descrita na dissertação, foi analisada segundo a perspectiva das possibilidades e limitações do uso educacional da aquaponia; e a segunda experiência, discutida no projeto de conclusão, foi analisada segundo os pressupostos da modelagem matemática, sendo rerepresentada como sequência didática que relaciona o uso pedagógico da aquaponia com essa metodologia de ensino da matemática.

O ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA E A AQUAPONIA

A aquaponia é um sistema de produção agroalimentar que busca estabelecer uma relação entre os organismos aquáticos cultivados (geralmente peixes), bactérias e plantas, sendo que os nutrientes residuais do cultivo de peixes são transformados pelas bactérias nitrificantes em produtos absorvíveis pelas plantas, o que favorece o desenvolvimento dos vegetais (EMERENCIANO *et al.*, 2015).

O sistema apresenta vantagens em relação aos agroecossistemas convencionais: como maior eficiência no uso de água e área; aproveitamento dos resíduos de outras culturas como fonte de nutrientes; elevada produtividade; menor investimento em insumos e mão-de-obra (SOARES *et al.*, 2015; PAULUS *et*

al., 2010); manutenção das condições ambientais propícias para a criação por todo o ano; possibilidade de obtenção de várias safras durante o ano e de manejo intensivo para a obtenção de produtos mais homogêneos (BRAZ FILHO, 2000). De um modo geral, a aquaponia oferece uma alternativa real para a produção de alimentos de maneira menos impactante ao meio ambiente, dada as suas características de sustentabilidade (HUNDLEY, 2013).

Das inúmeras possibilidades que o uso da aquaponia pode sugerir, há uma que iremos enfatizar aqui: seu potencial educacional. Na medida em que os contextos baseados em aquaponia apresentam às pessoas conceitos como recirculação de água, interações entre plantas, peixes e microrganismos, produção racional de alimentos, nutrição, sustentabilidade etc., temos a oportunidade de desenvolver, na prática, com alunos e professores, o potencial didático-pedagógico desse sistema.

Além disso, a aquaponia possibilita aos alunos situações de aprendizagem nas quais podem coletar dados, identificar tendências e fazer correlações entre fatores físicos, químicos e biológicos, além de efetuar simulações dentro de um ambiente particularmente controlado. O resultado desse processo é uma melhor consciência ambiental, o desenvolvimento de habilidades aplicadas, o conhecimento científico, o conhecimento ambiental e a valorização pelo esforço requerido para aplicar os conceitos no campo (FREDERICK, 2005).

Williams e Dixon (2013) utilizaram a jardinagem como uma atividade agrícola nas escolas. Os autores apontam que esse tipo de aprendizagem se alinha com duas tendências recentes de interesse público: o crescimento da consciência para a melhora da saúde, particularmente das crianças, e a crescente percepção da importância de as crianças passarem mais tempo na natureza. Outros trabalhos documentam que o aprendizado experimental por meio da jardinagem tem uma ampla variedade de impactos nos alunos, incluindo melhora no desempenho em ciências, matemática ou artes, além de resultados não acadêmicos, como o aumento da preferência por frutas e vegetais, o desenvolvimento pessoal, a cooperação e a consciência ambiental (WILLIAMS; DIXON, 2013; PARMER *et al.*, 2009).

Jardins ou hortas podem ser um componente benéfico do ambiente educacional, oferecendo uma excelente oportunidade para ensinar nutrição, assim como outras áreas e habilidades importantes para a vida (GRAHAM *et al.*, 2005). Segundo os autores, foi demonstrado que programas educacionais baseados no meio ambiente têm um impacto benéfico no desempenho dos alunos em testes padronizados, assim como na atenção e no entusiasmo para aprender.

Para Frederick (2005), a aquicultura pode engendrar ambientes de aprendizagem capazes de conectar o aluno ao ambiente, ao mesmo tempo em que oferece a experiência do “aprender fazendo”, mediante processos e conceitos científicos e técnicas de resolução de problemas. Por esse motivo, segundo o autor, é fundamental integrar a educação em ciências com a educação ambiental, para todos os alunos, independentemente do seu núcleo de interesse.

Nesse contexto, a aquaponia surge como uma ferramenta para o ensino das ciências naturais em todos os níveis educacionais, da escola primária à universidade, além de servir para facilitar a integração da comunidade com as atividades das instituições de ensino (GENELLO *et al.*, 2015; JUNGE *et al.*, 2014).

Dependendo do nível educacional, o sistema pode ser utilizado para diferentes finalidades, como o incentivo à nutrição e à linguagem artística para crianças ou como elemento favorecedor da integração das diferentes disciplinas de caráter científico com a tecnologia (GENELLO *et al.*, 2015). Nessa perspectiva, Nelson (2007) discute diferentes exemplos de educadores utilizando sistemas aquapônicos como ferramenta de ensino para a educação STEM (sigla em inglês para Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática), contexto de aprendizagem no qual esses sistemas servem como laboratório vivo para projetos de pesquisa de alunos ou como um local para treinamento e experiência agrícola.

Especialmente no âmbito internacional, o uso da aquaponia na educação parece estar atraindo a atenção dos educadores. Isso fica evidente quando nos baseamos no número de escolas, nos Estados Unidos, que estão utilizando sistemas aquapônicos, além da incidência crescente nas buscas por artigos científicos e publicações na internet sobre o assunto (HART *et al.*, 2013). Segundo esses autores, tal interesse está baseado na sinergia entre educação científica e a natureza intrínseca do sistema aquapônico, uma vez que a utilização da aquaponia incorpora o conhecimento de uma variedade de assuntos, incluindo agricultura, biologia, engenharia, nutrição, química e tecnologia (GENELLO *et al.*, 2015).

AQUAPONIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA: UM CONTRAPONTO AO ENSINO TRADICIONAL

O uso da aquaponia como ferramenta didático-metodológica insere-se num contexto de renovação do ensino de ciências e matemática. Nesse sentido, há uma crítica subjacente ao ensino tradicional. Não estamos falando de uma crítica radical, pois até mesmo a abordagem definição-exemplo-exercício pode favorecer algum tipo de aprendizado. Nossa crítica pode ser sintetizada na seguinte pergunta: Em termos de educação em ciências e matemática, o que perdemos com a abordagem tradicional? Essa pergunta pode suscitar várias respostas. Entretanto, destacaremos apenas uma: aquela que oferece uma justificativa social para o uso pedagógico de sistemas aquapônicos no contexto amazense.

Tomemos o exemplo da matemática. No ensino tradicional dessa disciplina, o professor encontra-se no centro do processo educacional, no qual “Ele apresenta o conteúdo oralmente, parte de definições e exemplos, segue com exercícios de fixação, e imagina-se que o aluno aprendeu pela reprodução” (SANTOS; BISOGNIN, 2007, p.101). Nesse caso, o professor de matemática será um transmissor de conhecimento no sentido de fornecer treinamento matemático aos seus alunos. O treinamento matemático destina-se à preparação do futuro profissional em matemática ou áreas afins. Esse treinamento está voltado, principalmente, para o “fazer matemática”, ou seja, para os teoremas, as demonstrações, as fórmulas, os algoritmos, para os procedimentos hipotético-dedutivos de investigação matemática, em suma, para o rigor, a precisão e a generalização da matemática. Por conseguinte, o professor de matemática, no contexto do ensino tradicional, incumbe-se de comunicar a seus alunos os resultados alcançados pelos matemáticos pesquisadores (o saber matemático historicamente constituído).

O que isso tem de errado? Nada, caso as situações de ensino-aprendizagem não se resumam ao trabalho com essas formalizações e generalizações. Entretanto, se a abordagem tradicional for a única utilizada pelo professor, o aluno terá muito a perder, uma vez que os resultados transmitidos pelo professor ocultam os modos de pensar, sentir e agir do matemático pesquisador que tornaram possível o processo de produção do conhecimento. Ou seja, o ensino não pode confundir-se com a transmissão de conhecimento, pois ensinar é “criar as possibilidades para sua própria produção ou a sua construção” (FREIRE, 2003, p. 47). É nesse contexto, em especial, que se justifica a utilização de alternativas metodológicas fundadas em questões de relevância social e nos princípios de problematização e investigação.

Certamente, ao se envolverem em atividades como as que descreveremos neste artigo, os aprendizes participam de um ambiente de pesquisa que lhes permite vivenciar alguns passos dados por aqueles que produzem conhecimento, como as inúmeras reflexões, as tentativas infrutíferas e as mudanças de percurso. Ao contemplarem as etapas de escolha do tema, de formulação de questões de pesquisa, de coleta de dados, de resolução de problemas, mediante a construção criativa de modelos matemáticos, e de análise crítica dos resultados, eles vivenciam situações repletas de valor pedagógico, mas que não são contempladas pela abordagem tradicional.

Não se trata, portanto, de ver o aluno como um futuro matemático, mas, sim, de utilizar a matemática para responder aos anseios do indivíduo e prepará-lo para a vida em sociedade. “O desafio é ensinar Matemática útil e relevante para o cidadão, sem perder as especificidades e a estrutura inatas à Matemática” (CARVALHO, 1994, p.88).

O princípio supracitado, que está no centro dos anseios da Educação Matemática, configurou-se num fator relevante que motivou o uso pedagógico da aquaponia nos contextos descritos adiante. Em primeiro lugar, há uma oferta limitada de hortaliças na região onde os projetos foram realizados, muitas vezes importadas de outros estados (HOMMA *et al.*, 2014). Em segundo lugar, não se tinha, na região, uma cultura de consumo de hortaliças até a última década. Este fato deve-se às dificuldades de produção em relação ao clima quente e úmido, que favorece a incidência de pragas e doenças, e à escassez de mão-de-obra especializada neste tipo de cultivo. Em terceiro lugar, o solo da região é ácido, pobre em nutrientes, com quantidades relativamente elevadas de alumínio e baixa capacidade de troca de cátions, inviabilizando a produção sem a utilização de adubos e corretivos químicos, importados de outras partes do país (FALESI, 1986; VIEIRA; SANTOS, 1987; RODRIGUES, 1996). A soma desses fatores faz com que o cultivo de hortaliças, nas formas convencionais, seja difícil e financeiramente oneroso, inviabilizando o consumo pela população, devido aos altos preços. Sendo assim, a aquaponia seria uma maneira de construir junto com a sociedade uma forma alternativa de cultivo, que é sustentável, simples e economicamente viável, promovendo, desse modo, a incorporação do hábito de consumo de hortaliças entre os envolvidos nos projetos.

Além disso, estima-se que há, na Região Norte, em especial na localidade onde foram realizados os dois trabalhos, um consumo de até 500 g de peixe por dia e a comercialização de 40% da pesca realizada no rio Solimões/Amazonas, sendo que 60% da captura é direcionada à subsistência (SANTOS, 2004). Este fato torna a produção de pescado uma questão socioeconômica muito importante

para a região, o que reforça a importância de uma forma alternativa de produção.

A criação de peixes, a pesca e a agricultura são atividades conhecidas da comunidade local, sendo o meio de sustento de muitas famílias ribeirinhas. Portanto, com o uso pedagógico da aquaponia, temos, no contexto amazonense, a oportunidade de oferecer aos alunos ambientes de aprendizagem potencialmente significativos, além de auxiliá-los na tomada de consciência quanto a questões sociais, ecológicas, econômicas, políticas e culturais.

Em suma, as observações feitas nesta seção podem servir para suscitar a relevância social de projetos pautados no uso educacional da aquaponia no contexto amazonense. Outras questões podem ser levantadas. Mas é necessário que um eixo sociocultural, situado para além das disciplinas, seja utilizado para unificar o projeto. Dessa forma, multiplicam-se as chances de que os alunos tenham os conhecimentos prévios necessários para que o professor realize a mediação da aprendizagem, fazendo uma ponte entre as disposições individuais e socioculturais do aluno e o objeto de conhecimento.

ANÁLISE DA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA 1: DISCUTINDO POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES DO USO EDUCACIONAL DA AQUAPONIA

A experiência em questão foi realizada em Itacoatiara, município no interior do Amazonas, como parte de um projeto de mestrado (SOUZA, 2018). A implantação do projeto se deu em uma das escolas estaduais do município – a única na sede do município que recebe alunos da zona rural. No referido município, quando descrevemos alunos da zona rural, estamos falando de sujeitos que têm, no contexto social, uma integração grande com ambientes aquáticos (lagos e rios), em que as famílias vivem da agricultura e da pesca de subsistência. Esses alunos utilizam, como transporte escolar, um ônibus cedido pela prefeitura, que obedece a horários predeterminados.

Os participantes do projeto foram cinco graduandas bolsistas do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), todas estudantes do curso de Licenciatura em Ciências (Biologia e Química), que foram cognominadas de alunas 1, 2, 3, 4 e 5 do PIBID; professores da UFAM; professores do Instituto Federal do Amazonas (IFAM); professores de biologia da escola estadual em questão e alunos dessa escola.

O projeto foi apresentado às graduandas participantes do PIBID em forma de palestra, utilizando recursos multimídia, em uma reunião na qual foram discutidos os seus objetivos, seu funcionamento, as etapas de implantação e o manejo do sistema. Esse primeiro contato foi importante para a familiarização das futuras professoras com a aquaponia, para que, posteriormente, elas pudessem elaborar estratégias de ação para utilizar esse recurso didático em suas aulas do ensino médio.

A partir dessa etapa, foram realizadas reuniões periódicas com as graduandas voluntárias, a fim de, inicialmente, discutir assuntos relacionados à aquaponia e ao seu uso como ferramenta didática. Durante dois meses, foram aprofundados os estudos sobre a teoria construtivista. E, nos dois meses seguintes, foi traçado um plano de metas a ser desenvolvido no decorrer do ano, que contemplou as fases de implantação do projeto de aquaponia na escola.

Posteriormente, foram iniciados os preparativos para a execução do projeto, que teve como ponto de partida a montagem de dois sistemas aquapônicos na escola envolvida.

Os sistemas, instalados na escola, foram montados em um final de semana. O material foi financiado pela Fundação Carlos Chagas por meio do edital “Gestão Escolar para Equidade: Elas nas Exatas”. O projeto aprovado tinha por objetivo incentivar mulheres nas carreiras de ciências exatas. Participaram da montagem o professor orientador do PIBID, as bolsistas do PIBID e alunos voluntários da escola parceira, convidados para participar do projeto para aprimorar seus conhecimentos na área de ciências. Após o convite, nove alunos da escola começaram a acompanhar as atividades. Inicialmente, os pesquisadores orientadores explicaram aos alunos e às bolsistas como o sistema funcionaria e como seria realizada a montagem e, em seguida, as atividades foram realizadas até sua conclusão.

Os sistemas aquapônicos, instalados na escola parceira, contaram com duas caixas d’água, cada uma com capacidade para mil litros de água, para a produção de organismos aquáticos, 12 tubos de PVC de 75 mm, que funcionavam como canaletas de produção de hortaliças, e duas caixas d’água com capacidade de 310 litros, que tinham a função de filtro biológico. Sobre a caixa de filtragem foi instalada uma manta acrílica para fazer a remoção de partículas sólidas em suspensão, e dentro dela foram colocados 50 litros de argila expandida para fixação de bactérias nitrificantes. O bombeamento da água do tanque dos peixes para o sistema de filtragem foi realizado por meio de uma bomba submersa com vazão de dois mil litros por hora. A água que passava pelas canaletas de produção vegetal (tubos de PVC) retornava por influência da gravidade ao tanque de produção de peixes, e o ciclo se fechava (Figura 1).

Figura 1 – Sistema aquapônico montado



Fonte: Souza (2018).

Para iniciar o sistema, foram colocados, em cada tanque, 60 juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*), um peixe regional e muito rústico (Figura 2), com peso médio de 100 gramas; 30 mudas de alface; e 6 mudas de jambu (*Spilanthes acmella*), uma planta muito utilizada na culinária regional.

Figura 2 – Juvenis de tambaqui ao final do projeto



Fonte: Souza (2018).

Após a montagem do sistema, as bolsistas do PIBID e os alunos voluntários da escola receberam uma palestra sobre o seu funcionamento, para poder planejar suas atividades em parceria com os três professores da disciplina de biologia da escola em questão. A palestra também objetivou que eles tivessem condições de realizar a manutenção diária do sistema, fornecendo alimentação aos peixes, realizando análises semanais de água e cuidando do desenvolvimento das hortaliças.

A manutenção do sistema, a alimentação dos peixes e o manejo geral foram realizados, principalmente, pelos alunos do ensino médio voluntários da escola estadual, pois eles tinham disponibilidade diária para realizar essas atividades, antes do início das aulas e ao término, antes de retornar às suas casas. As cinco bolsistas do PIBID participaram da implementação do sistema aquapônico na escola e contribuíram desde a concepção do layout até a montagem do sistema. Durante o período de observação, as cinco alunas do PIBID foram acompanhadas e suas atividades, monitoradas. Houve reuniões entre o pesquisador responsável e as graduandas, a fim de planejar as ações e definir como seriam executados os planos de ação.

As alunas 1, 2 e 3 do PIBID, juntamente com o professor supervisor da escola, planejaram atividades a serem ministradas para os alunos do segundo ano do ensino médio a respeito do conteúdo de genética. Nessa aula, as bolsistas apresentaram conteúdos relativos à hibridação de animais de produção (peixes e equídeos), descrevendo a importância e os principais motivos para utilizar cruzamentos e hibridação na criação de animais e na produção vegetal.

A aula foi dividida em duas partes: inicialmente, foram tratados assuntos teóricos dentro de sala de aula, utilizando recursos multimídia e um cartaz com fotos. Na segunda parte da aula, as bolsistas conduziram os alunos até o sistema aquapônico, onde explicaram, na prática, o funcionamento do sistema e as possibilidades de utilizar plantas e animais híbridos para a melhoria da produtividade.

A aluna 4 do PIBID realizou uma aula teórico-prática, com turmas do terceiro ano do ensino médio, sobre a utilização e a excreção da proteína. Na oportunidade, em aula teórica, a bolsista demonstrou aos alunos a função do nitrogênio para os seres vivos e as diferentes formas de excreção das espécies.

Na aula prática, ela conduziu as turmas até o sistema aquapônico, onde puderam observar o sistema e compreender como funciona o filtro biológico. Através da análise da água com um kit colorimétrico, os alunos puderam observar a concentração de amônia e nitrito na água e, assim, perceberam a transformação do nitrogênio realizada pelas bactérias nitrificantes dentro do sistema.

Após a montagem do sistema aquapônico na escola e devido à crescente familiaridade com que alunos e professores passaram a encarar a nova situação, bem como ao compartilhamento de conhecimento entre professores (do nível básico e do superior), acabaram por surgir novas propostas de uso pedagógico da aquaponia. Como foi dito, as principais participantes do projeto eram graduandas em Licenciatura em Ciências (Biologia e Química). Entretanto, o projeto inicial prosperou e gerou frutos. Para além da proposta inicial, houve prolongamentos: as professoras do PIBID, juntamente com professores de outras disciplinas, construíram novas propostas para a utilização da aquaponia na sala de aula. A seguir, são descritas as propostas dos professores para a utilização do sistema aquapônico na sala de aula (SOUZA, 2018).

Biologia:

- Proposta Inicial: 1) Comparar a estrutura e o funcionamento dos diferentes tipos de tecidos, identificando-os e compreendendo sua estrutura (1º ano do ensino médio); 2) Embriologia vegetal e animal, reprodução dos seres vivos, fases dos anexos embrionários e gametogênese (2º ano do ensino médio).
- Proposta realizada: foi repensada uma nova proposta devido à falta de tempo para preparo das atividades, falta de lupas e microscópios e muito conteúdo obrigatório a ser apresentado durante o ano letivo. Uma nova proposta pautou-se em discorrer sobre hibridação dos animais e vegetais. As aulas foram ministradas para turmas de 1º a 3º ano do ensino médio, em parceria com as bolsistas do PIBID. Elas produziram um material didático, composto por um cartaz impresso com diversas figuras e apresentaram aos alunos os principais benefícios de se utilizar a hibridação na agricultura e zootecnia.

Matemática:

- Proposta inicial: relacionar a matemática com o sistema aquapônico, utilizando conceitos de geometria plana, cálculo de área, perímetro de figuras geométricas presentes no sistema, cálculo do volume das caixas d'água e filtros (2º e 3º anos do ensino médio).
- Proposta realizada: não houve alteração.

Física:

- Proposta inicial: 1) Observar trocas de calor, temperatura e energia interna. Medidas de temperatura, escalas termométricas, relação entre as escalas, e escalas arbitrárias (2º ano do ensino médio); 2) Conceitos de dilatação térmica, área superficial, óptica e empuxo, eletricidade (3º ano do ensino médio).
- Proposta realizada: não houve alteração.

Química:

- Proposta inicial: 1) Ciclo dos nutrientes, função do nitrogênio, fósforo e potássio para os vegetais, formas de produção de amônia e nitrito dentro do sistema (1º ano do ensino médio); 2) Conceito de poder tampão do solo e as variações do pH no decorrer dos dias, utilizando o sistema (2º ano do ensino médio); 3) Biomoléculas, principalmente a proteína e seus subprodutos excretados pelos peixes (3º ano do ensino médio).
- Proposta realizada: as aulas de química para os alunos de primeiro ano foram ministradas no entorno do sistema aquapônico. Nesta aula prática, o professor apresentou o sistema aos alunos, explicou o funcionamento do filtro biológico, do tanque de produção de organismos aquáticos e a bancada de produção de hortaliças. Em seguida, utilizando um kit de análise de água, o professor demonstrou como se realizam análises de pH e amônia pelo método colorimétrico e explicou aos alunos sua importância e sua influência no sistema de aquaponia. Para as turmas de terceiro ano, as aulas foram divididas em duas partes, a primeira teórica, em que foram apresentados os compostos derivados de uma molécula de proteína e as biomoléculas orgânicas. Após essa parte, os alunos foram conduzidos até o sistema aquapônico, onde tiveram a oportunidade de verificar na prática a influência do filtro biológico no sistema e realizaram análises de água, mitigando os níveis de nitrito e amônia na água do sistema.

O potencial colaborativo da aquaponia foi exemplificado na experiência didática descrita nesta seção. Essa atividade (disciplinar) poderia ser repensada num contexto de interdisciplinaridade. Imagine o potencial interdisciplinar do conceito de nutrição, de sustentabilidade ou de produção racional de alimentos. Uma Feira de Ciências centrada nessas temáticas favoreceria um estudo interdisciplinar capaz de envolver todas as disciplinas e anos escolares. O potencial investigativo da aquaponia manifesta-se quando permite ao aluno selecionar, organizar, manipular e interpretar informações. Como mencionado, os sistemas aquapônicos possibilitam situações de aprendizagem nas quais os alunos podem coletar dados, identificar tendências e fazer correlações entre fatores físicos, químicos e biológicos, e efetuar simulações dentro de um ambiente particularmente controlado. O potencial da aquaponia de suscitar questões de relevância social já foi discutido na seção anterior.

Além do mais, um dos principais obstáculos ao uso pedagógico de sistemas aquapônicos nas aulas regulares envolve o cumprimento do currículo formal. Nos cursos que apresentam um programa a ser cumprido, a aquaponia pode ser considerada um processo demorado, não dando tempo de cumprir todo o programa, ou, visto de outro modo, a preocupação em ministrar todos os conteúdos do programa acaba não dando margem para atividades diferenciadas e integradoras, o que pode inviabilizar trabalhos com aquaponia. É por esse motivo que a tomada de consciência e a abertura ao diálogo na construção de propostas pedagógicas com o uso de aquaponia devem figurar como os meios fundamentais para se chegar à implementação dessa proposta na escola.

ANÁLISE DA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA 2: APRESENTANDO UMA PROPOSTA DE MODELAGEM MATEMÁTICA ALIADA À AQUAPONIA

A seguir, temos uma tabela com dados coletados de um sistema aquapônico montado a propósito de um projeto de conclusão de curso técnico (SILVA *et al.*, 2018). O objetivo geral do projeto era avaliar o desempenho produtivo de três variedades de alface (*Lactuca sativa*). O experimento teve duração de 28 dias, nos quais eram avaliados os seguintes parâmetros: altura da planta, número de folhas, comprimento das raízes e massa da planta. Todas as três variedades de alface foram cultivadas sob as mesmas condições. Observe a tabela 1.

Tabela 1 – Resultado das biometrias das três variedades (Mirella, Mimosa e Mônica)

VARIETADE DE ALFACE	DADOS BIOMÉTRICOS	19/06 (2017)	26/06 (2017)	03/07 (2017)	10/07 (2017)	17/07 (2017)
MIRELLA	ALTURA (cm)	16,1	21,3	28,1	29,4	45,9
	MASSA (g)	21,1	31,6	39,6	59,7	95,5
	COMPRIMENTO DA RAIZ (cm)	13	10,9	13,5	14,5	11,8
	Nº DE FOLHAS	8,2	13,1	16,4	18,5	23,4
MIMOSA	ALTURA (cm)	13,5	24,1	30,2	31,1	44
	MASSA (g)	14,8	26,5	13,9	50,7	96
	COMPRIMENTO DA RAIZ (cm)	12	10,1	13,9	15,4	16,2
	Nº DE FOLHAS	7,7	11,7	14	16,3	20,1
MÔNICA	ALTURA (cm)	12,1	24	30	31,2	39,9
	MASSA (g)	14,5	18,4	19,9	31,4	58,5
	COMPRIMENTO DA RAIZ (cm)	11,7	8,4	12,9	14,8	15,1
	Nº DE FOLHAS	5,1	7,4	8,6	10	11,1

Fonte: Silva *et al.* (2018).

A partir de agora, utilizaremos os resultados obtidos no projeto de conclusão de curso técnico para discutir uma proposta de ensino de matemática que relaciona o uso pedagógico da aquaponia com a modelagem matemática – embora esta não tenha sido a proposta inicial do projeto. O intuito é ampliar a proposta original do trabalho para fins educacionais.

A modelagem matemática é um método de pesquisa de matemática aplicada utilizado na resolução de problemas concretos de diversas áreas do conhecimento. A resolução dos problemas levantados, como pressupõe o método, envolve o desenvolvimento de modelos matemáticos que simulem os sistemas reais em estudo. Criada uma representação matemática adequada desses sistemas, pode-se prever o comportamento dos fenômenos, usando ideias

e técnicas essencialmente matemáticas. A resolução da tradução matemática do problema possibilita, com certa margem de erro, a resolução do problema real. Como resume Bassanezi (2010, p. 16), “a modelagem matemática consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real”.

O que está principalmente em jogo nesse processo é a validade do modelo matemático proposto como solução do problema. Caso não seja válido, dados e hipóteses devem ser incluídos ou modificados e o processo refeito, gerando uma cíclica atividade de análise-reflexão-construção.

Enquanto processo para descrever, formular, modelar e resolver uma situação-problema, a modelagem matemática une a precisão, o rigor e a generalização da matemática ao caráter investigativo, criativo e crítico das abordagens pautadas em situações concretas. Dessa forma, devido ao seu constante apelo a uma articulação entre formalização e aplicação, a modelagem matemática é entendida não só como um método ou processo de pesquisa, mas também como uma alternativa metodológica para a construção do conhecimento matemático por parte dos alunos.

Vista como metodologia de ensino, a modelagem pauta-se nos princípios de problematização e investigação (BARBOSA, 2001, 2004). Por esse motivo, ela privilegia atividades baseadas em problemas com referência na realidade, nos quais os alunos são convidados a levantar questões acerca de determinado tema, bem como a buscar, selecionar e organizar informações que fundamentam a construção criativa de modelos matemáticos (as ferramentas utilizadas para a solução do problema colocado). E esse modelo matemático,

pode ser formulado em termos familiares, utilizando-se expressões numéricas ou fórmulas, diagramas, gráficos ou representações geométricas, equações algébricas, tabelas, programas computacionais, etc. (BIEMBENGUT; HEIN, 2014, p.12).

As características supracitadas colocam a modelagem como uma proposta metodológica aberta, na qual há espaço para adaptações baseadas nas possibilidades e limitações oferecidas pelo contexto escolar. E é nessa perspectiva que faz sentido falar em modelagem matemática aliada ao uso pedagógico de sistemas aquapônicos.

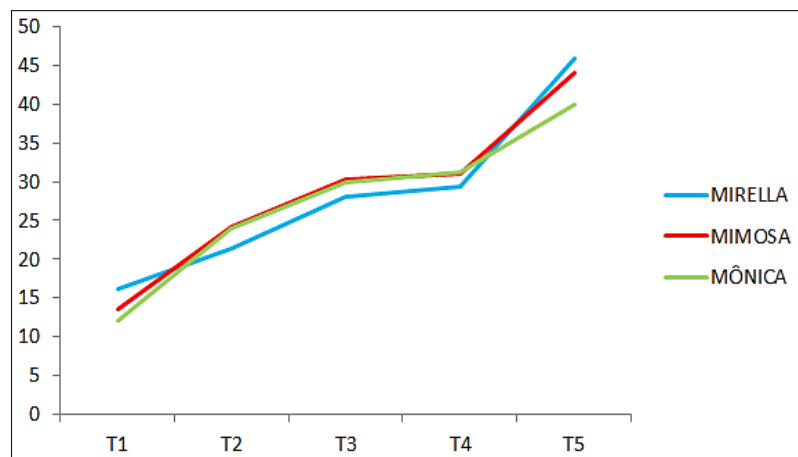
No contexto da educação matemática, Burak (2004) destaca cinco etapas para o desenvolvimento do trabalho com modelagem matemática, são elas: 1) escolha do tema; 2) pesquisa exploratória; 3) levantamento dos problemas; 4) resolução dos problemas e o desenvolvimento da matemática relacionada ao tema; e 5) análise crítica das soluções. Desse modo, o projeto que gerou os dados da Tabela 1 pode ser visto como uma proposta pedagógica e roteirizado da seguinte maneira, segundo as etapas descritas por Burak (2004):

- 1) Escolha do tema. Os professores podem sugerir, depois de terem apresentado e montado o sistema aquapônico junto com os alunos, o estudo de como se dá o desenvolvimento de três variedades de alface no sistema instalado ou de diferentes espécies de peixe, discutindo os contras e prós desse modo alternativo de cultivo relativamente às formas convencionais. No caso da Região Norte, esse tema tem uma relevância socioeconômica muito forte, visto

que o cultivo de hortaliças nas formas convencionais é difícil e financeiramente oneroso, o que inviabiliza o seu consumo pela população, principalmente a de baixa renda, devido aos altos preços.

- 2) Pesquisa exploratória. Depois da escolha do tema, os alunos devem ser orientados no sentido de construir um referencial teórico. A pesquisa deve contemplar um estudo bibliográfico e um trabalho de campo, bem como abranger outras dimensões que compõem a realidade investigada: dimensão sociocultural, econômica, política etc.
- 3) Levantamento dos problemas. As informações adquiridas na pesquisa exploratória dão sustentação à formulação dos problemas. Em relação ao projeto supracitado, os seguintes problemas poderiam ser colocados: Qual das três variedades apresenta melhor desempenho produtivo? Qual delas tem o pior desempenho produtivo, e por quê? A técnica utilizada é recomendável para as três variedades estudadas? Quais são os fatores que podem ter influenciado no desempenho das variedades? Vale destacar que são os problemas levantados que determinam os conteúdos a serem trabalhados.
- 4) Resolução dos problemas e o desenvolvimento da matemática relacionada ao tema. Nesta etapa, faz-se uso de todo o instrumental matemático disponível para a resolução dos problemas levantados. Pode-se, inicialmente, utilizar procedimentos empíricos para alcançar os primeiros resultados e aproximações e, na sequência, desenvolver de forma analítica os conteúdos matemáticos, formalizando-os. É nesta etapa que acontece a construção dos modelos matemáticos. Durante a resolução do problema, o aprendiz pode precisar de conceitos matemáticos que ainda não estudou, cabendo ao professor orientá-lo na construção desse conhecimento. A Tabela 1 e a Figura 3, construída com base nos dados da tabela, são exemplos de modelos matemáticos que podem ser utilizados na resolução dos problemas levantados.

Figura 3 – Altura das plantas em função do tempo



- 5) Análise crítica das soluções. É o momento no qual a validação do modelo matemático está em jogo e é marcado por criticidade e reflexão acerca dos resultados obtidos. Nesta fase, os aprendizes justificam os procedimentos adotados, analisam e discutem as soluções encontradas, enfim, é um momento de socialização de ideias e de interação entre os grupos. Esta fase possibilita o aprofundamento dos conhecimentos matemáticos e não matemáticos inerentes ao tema, bem como a análise da consistência lógica dos argumentos matemáticos utilizados e da sua viabilidade para a situação em estudo. As principais conclusões do referido projeto foram as seguintes (SILVA *et al.*, 2018): Entre as variedades avaliadas, a alface Mirella foi a que apresentou os melhores resultados (ver Figura 3), quando comparada com as demais variedades, com peso médio de 95 g, enquanto a alface Mônica apresentou o menor desenvolvimento (ver Tabela 1). Embora todas tenham recebido o mesmo trato cultural, advindo dos resíduos gerados pelos peixes, a alface Mimosa, com base nos parâmetros do sistema convencional, não obteve um bom desempenho, devido ao estiolamento, e suas folhas tiveram a menor massa, devido ao excesso de sombreamento. Mas, de um modo geral, a alface cultivada no sistema aquapônico teve o peso médio de uma plantada no sistema convencional, ou seja, a técnica é recomendada para as três variedades.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora a resolução de problemas padronizados e artificiais possa fornecer algum treinamento matemático e científico aos alunos, essa abordagem não possibilita uma compreensão crítica dos conteúdos contemplados pelo ensino. Esse tipo de compreensão só pode ser alcançado em contextos que exijam ir além das disciplinas. Requer que os conteúdos sejam inseridos num quadro geral de referência, no qual adquiram sua justa proporção. Para tanto, os objetos de conhecimento precisam ser contextualizados, temporalizados e personalizados, adquirindo, desse modo, um sentido histórico, cultural, social, político, em suma, adquiram substância humana. É nesse sentido que trabalhar com problemas baseados nos interesses e necessidades dos indivíduos na sociedade contribui para que eles vejam sentido nos conteúdos que estão estudando.

O uso pedagógico da aquaponia favorece o estabelecimento de relações mais consistentes entre os conteúdos formais, estudados em sala de aula, e os conceitos informais aplicados no cotidiano, e oportuniza aos alunos a construção de um conhecimento reflexivo e o desenvolvimento de formas de pensar, agir e sentir típicas daqueles que produzem conhecimento. Desse modo, a aquaponia insere-se num contexto de renovação do ensino de ciências e matemática, uma vez que busca, na tentativa de atender às necessidades da vida real dos indivíduos na sociedade, um processo de diversificação metodológica.

Retomemos a pergunta levantada anteriormente: Em termos de educação em ciências e matemática, o que perdemos com a abordagem tradicional? Resposta: perdemos a formação de cidadãos reflexivos, engajados e capazes de utilizar seus conhecimentos científicos e matemáticos para fazer julgamentos

bem fundamentados e tomar as decisões necessárias. Resultado este que não pode ser alcançado pelo mero acúmulo acrítico de conceitos e procedimentos científicos e matemáticos.

AQUAPONICS AS A DIDACTIC-METHODOLOGICAL TOOL IN THE TEACHING OF SCIENCE AND MATHEMATICS: EXPERIENCES AND TEACHING PROPOSALS IN THE AMAZONIAN CONTEXT

ABSTRACT

This article presents some reflections on the pedagogical use of aquaponic systems in science and mathematics teaching, based on theoretical analysis supported by the literature. The way in which this didactic-methodological proposal can engender learning environments conducive to reducing the distance between theory and practice and integrating scientific subjects with technology is discussed. Among the analyzed texts, two didactic experiences stand out, one of them developed by the second author, in his master's thesis (SOUZA, 2018), and the other that was advised by him was carried out in the context of a technical course conclusion project (SILVA *et al.*, 2018). The experiences described in these works involved students from the periphery and rural areas of the city of Itacoatiara, in the countryside of the state of Amazonas. The use of aquaponics in those experiments was justified not only by its potential to allow collaborative and investigative work, but also because it enabled the participants to cater for a social demand in the region: an alternative way of growing fish and vegetables, in a region where water is abundant but the soil is not very fertile. For this article, these experiences were not applied to a new group of students, but analyzed from a new approach, expanding the original perspective of these works for educational purposes: the first, described in the dissertation, was analyzed under the perspective of the possibilities and limitations of the educational use of aquaponics; and the second, discussed in the conclusion project, was analyzed considering the assumptions of mathematical modeling, being re-presented as a teaching proposal. The work concludes by arguing that the pedagogical use of aquaponic systems can contribute to science and mathematics teaching, with an empirical-concrete support in activities organized according to the assumptions of mathematical modeling, and with teaching situations open to questions of social relevance.

KEYWORDS: Aquaponics. Science and mathematics teaching. Mathematical modeling.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, J. C. Modelagem na Educação Matemática: contribuições para o debate teórico. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 24. 2001, Caxambu. **Anais [...]**. Rio Janeiro: ANPED, 2001. 1 CD-ROM. Disponível em: https://www.ufrgs.br/espmat/disciplinas/funcoes_modelagem/modulo_1/modelagem_barbosa.pdf. Acesso em: 22 fev. 2022.
- BARBOSA, J. C. Modelagem matemática: O que é? Por quê? Como? **Veritati**, [s. l.], n. 4, p. 73-80, 2004. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/2010/Matematica/artigo_veritati_jonei.pdf. Acesso em: 22 fev. 2022.
- BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática**. 3. ed. São Paulo: Contexto, 2010.
- BIEMBENGUT, M. S.; HEIN, N. **Modelagem matemática no ensino**. 5. ed., 4ª reimpressão. São Paulo: Contexto, 2014.
- BRAZ FILHO, M. S. P. **Qualidade na produção de peixes em sistema de recirculação de água**. 2000. 42 f. Monografia (Especialização) – Curso de Pós-Graduação em Qualidade nas Empresas, Centro Universitário Nove de Julho, São Paulo, 2000. Disponível em: http://snatural.com.br/PDF_arquivos/Aquicultura-Sistema-Recirculacao-Agua.pdf. Acesso em: 22 fev. 2022.
- BURAK, D. Modelagem matemática e a sala de aula. In: ENCONTRO PARANAENSE DE MODELAGEM EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 1. 2004, Londrina. **Anais [...]** Londrina: UEL, 2004. 1 CD-ROM. Disponível em: <https://www.dionisioburak.com.br/artigos-eventos>. Acesso em: 23 fev. 2022.
- CARVALHO, J. P. Avaliação e perspectivas da área de ensino de matemática no Brasil. **Em Aberto**, Brasília, ano 14, n.62, p.74-88, abr./jun. 1994. Disponível em: <http://www.emaberto.inep.gov.br/ojs3/index.php/emaberto/article/view/2273/2012>. Acesso em: 22 fev. 2022.
- EMERENCIANO, M. G. C.; MELLO, G. L.; PINHO, S. M.; MOLINARI, D.; BLUM, M. N. Aquaponia: uma alternativa de diversificação na aquicultura. **Panorama da Aqüicultura**, [s. l.], n. 147, p. 24–35, 2015. Disponível em: <https://panoramadaaquicultura.com.br/aquaponia-uma-alternativa-de-diversificacao-na-aquicultura/>. Acesso em: 23 fev. 2022.
- FALESI, I. C. Estado atual de conhecimentos de solos da Amazônia brasileira. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1. 2010, Belém, **Anais [...]** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1986. p. 168-191. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/394709/1/CPATUDoc36v1P168.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2022.

FREDERICK, J. A. Science in action: tools for teaching urban aquaculture concepts. In: COSTA-PIERCE, B.; DESBONNET, A.; EDWARDS, P.; BAKER, D. (Eds.). **Urban Aquaculture**, Cambridge: CABI Pub, 2005, p. 233–246.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 2003.

GENELLO, L.; FRY, J. P.; FREDERICK, J. A.; LI, X.; LOVE, D. C. Fish in the classroom: a survey of the use of aquaponics in education. **European Journal of Health & Biology Education**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 9–20, 2015. Disponível em: <https://clf.jhsph.edu/sites/default/files/2019-02/fish-in-the-classroom-a-survey-of-the-use-of-aquaponics-in-education.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2022.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GRAHAM, H., BEALL, D. L.; LUSSIER, M.; McLAUGHLIN, P.; ZIDENBERG-CHERR, S. Use of school gardens in academic instruction. **Journal of Nutrition Education and Behavior**, [s. l.], v. 37, n. 3, p. 147–151, 2005. Disponível em: <https://www.kohalacenter.org/HISGN/pdf/useofschoolgardensinacademicinstruction.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2022.

HART, E. R.; WEBB, J. B.; DANYLCHUK, A. J. Implementation of aquaponics in education: an assessment of challenges and solutions. **Science Education International**, [s. l.], v. 24, n. 4, p. 460–480, 2013. Disponível em: <http://www.icasonline.net/sei/december2013/p5.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2022.

HOMMA, A. K. O.; SANTOS, J. C.; SENA, A. L. S.; MENEZES, A. J. E. A. Pequena produção na Amazônia: conflitos e oportunidades, quais os caminhos? **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v. 9, n.18, p. 137-154, jan./jun. 2014. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1009375/1/ArtigoPeqProdAmazoniaRevBasaHomma.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2022.

HUNDLEY, G. C. **Aquaponia**: uma experiência com tilápia (*Oreochromis niloticus*), manjerição (*Ocimum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de recirculação de água e nutrientes. 2013. 57 f. Monografia (Graduação em Agronomia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2013. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/5977/1/2013_GuilhermeCrispimHundley.pdf. Acesso em: 22 fev. 2022.

JUNGE, R.; WILHELM, S.; HOFSTETTER, U. Aquaponic in classrooms as a tool to promote system thinking. In: CONFERENCE WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION: CONFERENCE VIVUS - ON AGRICULTURE, ENVIRONMENTALISM, HORTICULTURE, FLORISTICS, FOOD PRODUCTION AND PROCESSING AND NUTRITION, 3., 2014, Naklo, Eslovênia. **Anais** [...] Naklo: Biotechnical Centre Naklo, 14–15 nov. 2014, p. 234-244. Disponível em: https://digitalcollection.zhaw.ch/bitstream/11475/2658/1/2014_Junge_Aquaponic%20in%20classrooms_Prenos%20inovacij.pdf. Acesso em: 22 fev. 2022.

LIMA, T. C. S.; MIOTO, R. C. T. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. **Revista Katálysis**, Florianópolis, v. 10, p. 37-45, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rk/a/HSF5Ns7dkTNjQVpRyvhc8RR/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 22 fev. 2022.

NELSON, R. L. 10 great examples of aquaponics in education. **Aquaponics Journal**, [s. l.], v. 3, n. 46, p. 18–21, 2007. Disponível em: <https://aquaponics.com/wp-content/uploads/articles/Ten-Great-Examples-of-Aquaponics-in-Education.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2022.

PARMER, S. M.; SALISBURY-GLENNON, J.; SHANNON, D.; STRUEMLER, B. School gardens: an experiential learning approach for a nutrition education program to increase fruit and vegetable knowledge, preference, and consumption among second-grade students. **Journal of Nutrition Education and Behavior**, [s. l.], v. 41, n. 3, p. 212–217, 2009. Disponível em: [https://www.jneb.org/article/S1499-4046\(08\)00700-8/fulltext](https://www.jneb.org/article/S1499-4046(08)00700-8/fulltext). Acesso em: 23 fev. 2022.

PAULUS, D.; DOURADO NETO, D.; FRIZZONE, J. A.; SOARES, T. M. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Horticultura Brasileira**, [s. l.], v. 28, n. 1, p. 29–35, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/McXDDQxDVvW8tFzqFL6NyTHq/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 23 fev. 2002.

RODRIGUES, T.E. Solos da Amazônia. In: ALVAREZ, V. V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS, p.19-60, 1996.

SANTOS, L. M. M.; BISOGNIN, V. Experiências de ensino por meio da modelagem matemática na educação fundamental. In: BARBOSA, J. C.; CALDEIRA, A. D.; ARAÚJO, J. L. (Orgs.). **Modelagem Matemática na Educação Matemática brasileira: pesquisas e práticas educacionais**. Recife: SBEM, 2007.

SANTOS, M. T. **Iniciativas de desenvolvimento sustentável das comunidades da várzea do Rio Amazonas/Solimões**. Manaus: ProVárzea/Ibama, 2004.

SILVA, I. S.; SANTOS, G. N.; COSTA, R. R. **Avaliação do desempenho produtivo de três variedades de alface no sistema aquapônico**. 2018. 17 f. Projeto de Conclusão de Curso Técnico (Técnico em Agronegócio) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Itacoatiara, 2018.

SOARES, E. C.; JUNIOR, L. G.; SANTOS, M. R.; ALMEIDA, E. O. Peixe com salada! Aquaponia possibilita o cultivo de peixes e alfaces sem agrotóxico. **Panorama da Aqüicultura**, [s. l.], n. 148, p. 24–29, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Emerson-Soares-4/publication/331644584_Pan148_Aquaponia_14maio_3/links/5c85abf6458515831f9aa48a/Pan148-Aquaponia-14maio-3.pdf. Acesso em: 23 fev. 2022.

SOUZA, R. T. Y. B. **Aquaponia**: uma ferramenta didática para formação inicial e continuada de professores de ciências. 2018. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos) – Universidade Federal do Amazonas, Itacoatiara, 2018. Disponível em: https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/6371/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Rondon%20Yamane.pdf. Acesso em 23 fev. 2022.

VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. C. **Amazônia**: seus solos e outros recursos naturais. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1987.

WILLIAMS, D. R.; DIXON, P. S. Impact of garden-based learning on academic outcomes in schools: synthesis of research between 1990 and 2010. **Review of Educational Research**, [s. l.], v. 83, n. 2, p. 211–235, 2013. Disponível em: <http://www.utnavet.se/pdfHtmWord/research.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2022.

Recebido: 23 fev. 2021.
Aprovado: 27. fev. 2022.
DOI: 10.3895/rbect.v15n2.13864
Como citar: SOUZA, J. S. S.; SOUZA, R. T. Y. B.; SOUZA, L. O. A aquaponia como ferramenta didático-metodológica no ensino de ciências e matemática: experiências e propostas didáticas no contexto amazense. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v.15, p. 1-20, 2022. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/13864>>. Acesso em: XXX.
Correspondência: Jerson Sandro Santos de Souza - jerson.souza@seducam.pro.br
Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

