

Versão Online ISBN 978-85-8015-093-3
Cadernos PDE

VOLUME I

OS DESAFIOS DA ESCOLA PÚBLICA PARANAENSE
NA PERSPECTIVA DO PROFESSOR PDE
Artigos

2016

MODELAGEM MATEMÁTICA NA IMPLANTAÇÃO DE UMA CISTERNA

Rosineia Martins Antoniolli¹
Amauri Jersi Ceolim²

Resumo: O presente artigo é o resultado da aplicação do projeto de intervenção pedagógica na Escola Estadual General Carneiro – E.F.M.P. referente ao Programa de Desenvolvimento Educacional – PDE do estado do Paraná. A pesquisa teve como objetivo dar significado aos conteúdos de matemática por meio da investigação dos impactos na implantação de uma cisterna na escola, em relação ao custo/benefício e promover novas posturas de cidadania no educando por meio de reflexões, diálogos, vídeos, instrumentos de medição (trena, régua e teodolito) e recursos tecnológicos (laboratório de informática e datashow). Esse trabalho foi desenvolvido com os estudantes do 2º ano do ensino médio, foram utilizadas atividades teóricas e práticas por meio da Modelagem Matemática na perspectiva de Modelagem Matemática Crítica. Essa pesquisa proporcionou uma aprendizagem significativa para a maioria dos alunos, os tornando mais participativos nas questões socioeconômico e ambientais, mostrando que a Modelagem Matemática é uma estratégia promissora no processo do ensino aprendizagem.

Palavra-chave: Modelagem Matemática; Meio Ambiente; Cisterna.

1 Introdução

As Diretrizes Curriculares de Matemática da Educação Básica do Paraná – DCE (Paraná, 2008) tem como um de seus objetivos inserir os conteúdos curriculares atuando com coerência no contexto social, permitindo ao educando ter acesso à compreensão nas questões sociais, políticas e culturais do seu dia a dia sendo capaz de uma inserção cidadã e transformadora na sociedade.

Tendo em vista a dificuldade de entendimento no conteúdo de Matemática por parte dos educandos, a importância de relacionar os conteúdos com o dia a dia do aluno se torna cada vez mais imprescindível. Assim esse artigo teve como objetivo dar significado ao conteúdo de matemática por meio da investigação dos impactos na implantação de uma cisterna na Escola Estadual General Carneiro – E.F.M.P., em relação ao custo/benefício e promover novas posturas de cidadania utilizando a Modelagem Matemática na perspectiva da Educação Matemática Crítica.

A implementação da unidade didática ocorreu com os alunos do 2º ano do ensino médio no ano de 2017 com duração em média de 36 h/a com atividades

¹ Professora da Secretaria Estadual de Educação, concluinte do Programa de Desenvolvimento Educacional (PDE). antonioli@seed.gov.pr.br

² Doutor em Educação pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Professor da Universidade Estadual do Paraná (Unespar), Campo Mourão/PR. E-mail: ajceolim@gmail.com

desenvolvidas em oito etapas: 1- Atividades voltadas ao Desenvolvimento Sustentável, 2- Pesquisa com a comunidade escolar sobre possíveis cisternas instaladas no município, 3- Calculando o consumo e o custo da água consumida na escola, 4- Análise do tipo de telhado e tamanho da cisterna, 5- Levantamento dos materiais a serem utilizados na implantação de uma cisterna e seu custo, 6- Construção de uma maquete do colégio, 7- Análise e cálculo da viabilidade do projeto, 8- Apresentação do projeto para comunidade escolar.

As atividades aqui utilizadas fundamentaram-se em autores com concepções distintas de abordagem em Modelagem Matemática como Barbosa (2004), Araújo (2007, 2009), Burak (1992), e também Meyer, Caldeira e Malheiros (2013) que relata:

Reconhecer a Educação Ambiental em um ambiente de Educação Matemática é, então, aceitar que sentimento e consciência étnicos são parte fundamental da aprendizagem de conceitos matemáticos, abstratos ou práticos, teóricos ou concretos, úteis de imediato ou em longo prazo. São, portanto parte fundamental a ser considerada em seu ensino (MEYER, CALDEIRA e MALHEIROS, 2013, p.96).

Essa proposta de conscientização ambiental está ligada a ações pedagógicas de caráter crítico como mostra esse artigo, que se baseia em analisar se a construção de uma cisterna na escola leva o aluno uma ação educativa na formação do sujeito ecológico, e se esse sistema de captação de água seria viável para a escola no quesito custo e preservação do meio ambiente.

2 Modelagem Matemática na Perspectiva da Educação Matemática Crítica

A Modelagem Matemática apresentada nesse artigo está relacionada com um ambiente de aprendizagem que pode ser uma alternativa ao ensino da “matemática tradicional”³. Nas Diretrizes Curriculares da Educação Básica do Paraná a Modelagem Matemática tem como pressuposto a problematização de situações do cotidiano. Muito se tem discutido sobre essa inclusão, em geral vem apresentada como uma alternativa ao ensino da matemática, procurando modelar um fenômeno da realidade onde se vive e mostra a importância da matemática para sua compreensão e conhecimento. Para Burak (1992), trabalhar a Modelagem Matemática é construir no

³ “(...) aquela em que o aluno fica maior parte do tempo envolvido com resolução de exercícios. De acordo com essas e muitas outras observações, a educação matemática tradicional se enquadra no paradigma do exercício” (SKOVSMOSE, 2000, p.1).

educando um novo olhar para a matemática linear que se encontra nos currículos escolares, propiciar encaminhamento metodológico que explique os fenômenos presentes no cotidiano se afastando da epistemologia da matemática aplicada, dando significado, levando em conta o sujeito, o ambiente social e cultural para que o mesmo possa interagir e tomar decisões.

Essa forma de pensar o ensino da Matemática carrega consigo a concepção de uma Matemática não restrita ao seu próprio contexto, mas capaz de relacionar o que é aprendido dentro e fora da escola: uma Matemática construída na interação do homem com o mundo, uma Matemática com história (BURAK, 1992, p. 55).

O mais importante na inclusão da Modelagem Matemática para Barbosa (2004) é aquela que leva ao aluno a participar na sociedade e ser capaz de aplicar a matemática no contexto social. Um ambiente onde o aluno possa ser criativo para interpretar o contexto e saber discernir a aplicabilidade do conteúdo que melhor se adapta no processo social e cultural que está inserido.

Vários autores apresentam concepções de Modelagem Matemática na perspectiva de Modelagem Matemática Crítica como Araújo (2007), Barbosa (2004), (2009), Burak (1992), Caldeira (1998), Meyer, Caldeira e Malheiros (2013) e Skovsmose (2000, 2001), algumas as quais serão apresentadas a seguir.

Segundo Barbosa (2004), trabalhar a Modelagem é direcionar o ensino da matemática para situações da realidade, envolvendo os alunos em valiosas discussões tanto da matemática como de assuntos de ordem econômica e política. Ela apresenta três maneiras de ser implantada a Modelagem Matemática no currículo, variam quanto à extensão e as tarefas que cabem ao professor e aluno os quais denominou de “casos”. No caso 1, o professor elabora e oferece o problema com dados relevantes cabendo aos alunos à investigação e a resolução se faz com professor e aluno. No caso 2, o professor apresenta a situação-problema e são os alunos que coletam as informações, investigam e resolvem as etapas juntamente com o professor. No caso 3, a partir de temas não matemáticos, a elaboração da situação-problema, levantamentos de informações e resoluções se dá pelo aluno onde o professor se torna “co-partícipe”.

O presente artigo está relacionado com o caso 3 onde as atividades são mais compartilhadas com os alunos, dando a eles autonomia para problematizar e investigar situações com referência à realidade.

Barbosa (2004) parte da sistematização própria da reflexão sobre a Modelagem, deixando claro que não se deve limitar a somente relatos de experiências e sim potencializar este fluxo de pesquisa partindo de uma perspectiva crítica dando ênfase a problematização e investigação e casos de situações reais, sempre envolvidos num processo permanente de críticas.

A Modelagem Matemática nessa perspectiva se aproxima da concepção de Educação Matemática Crítica (EMC) de Skovsmose (2000) onde mostra uma superação à matemática tradicional e conservadora que ainda se encontra atualmente no contexto educacional. Essa matemática tradicional para o autor pode se contrapor num ambiente que ofereça recursos e projetos para se fazer investigação que difere do paradigma o qual só existe uma resposta. O autor propõe esse ambiente como “cenários de investigação”, um espaço de aprendizagem em que os educandos saem do básico da resolução de exercícios e são convidados pelo professor a um trabalho de investigação no qual são estimulados a formularem questões e a procurarem explicações.

Nos “cenários de investigação” Skovsmose (2000), se distingue ambientes de aprendizagem inseridos em três referências: referência a matemática, referência a semi-realidade e referência a situação da vida real. O objetivo desses cenários não seria “provar” que a Educação Matemática Crítica tenha vantagens, mas mostrar alguns possíveis significados da mesma. Os cenários de investigação com referências a situações da vida real levam o professor a pensamentos e ações que requerem reflexões imediatas entrando assim em uma zona de risco, pois não se podem prever as questões que surgirão, saindo assim da forma estabilizada de trabalho ou da zona de conforto ao qual está inserido. Como os cenários estão vinculados à realidade é inevitável que imprevistos possam acontecer, assim se pressupõe que professor e aluno estejam em consonância para enfrentar os desafios.

Para Skovsmose (2001), no processo de educação, é importante que se ilustre as várias maneiras de utilidade da matemática, pois sua essência está na sua aplicação:

A matemática intervém na realidade ao criar uma “segunda natureza” ao nosso redor, oferecendo não apenas descrições de fenômenos, mas também modelos para a alteração de comportamentos. Não apenas “vemos” de acordo com a matemática, nós também “agimos” de acordo com ela. As estruturas matemáticas vêm a ter um papel na vida social tão fundamental quanto o das estruturas ideológicas na organização da realidade (SKOVSMOSE, 2001, p.83).

Assim, a Modelagem Matemática utilizada nesse trabalho aborda uma concepção metodológica que proporciona ao educando explorar o conteúdo de matemática na resolução de situações problemas, ao mesmo tempo adquire ações educativas voltadas à proteção ao meio ambiente.

Uma Educação Ambiental se dá quando percebemos que as relações com o meio estão presentes no cotidiano escolar e nos poderes políticos e culturais de cada indivíduo. Meyer, Caldeira e Malheiros (2013) relatam que os fenômenos globais podem ser transferidos para o dia a dia da comunidade escolar, dando mais significado ao mesmo, pois, os alunos têm um conhecimento superficial que na maioria das vezes não sabem como agir em determinadas situações.

Os alunos já sabem quais os principais problemas ambientais de sua comunidade [...]. Faz-se necessário saber qualificar diferentes aspectos dos problemas de qualidade de vida, locais, regionais, nacionais e mundiais. É necessário construir e desenvolver ferramental matemático para permitir a avaliação dos fenômenos (MEYER, CALDEIRA e MALHEIROS 2013, p.96).

Para Meyer, Caldeira e Malheiros (2013) uma aprendizagem matemática significativa se concede quando se leva ao aluno a busca pela compreensão além dos conceitos matemáticos, quando integra pesquisa de campo que envolve temas locais de sua comunidade, mostrando que a matemática não serve apenas para fazer contas, mas para avaliar aspectos quantitativos e qualitativos dos fenômenos tanto dos aspectos ambientais, sociais, históricos, políticos, entre outros da sua comunidade ou fora dela. Essa interação corresponde a uma Modelagem Matemática que dá sentido as soluções encontradas com real relevância entre teoria e prática fornecendo subsídios ao aluno para discussões, crítica e tomadas de decisões que envolvam problemas ambientais entre outros, relacionados à comunidade, fazendo uma educação contextualizada. Essa união muda à ideia de uma ciência isolada, fornecendo uma visão mais crítica e significativa sobre a sobrevivência do meio.

Nesse sentido, proposta de conscientização ambiental está ligada a ações pedagógicas educativas de caráter crítico como o presente projeto, visando valorizar o meio ambiente na investigação de uma possível construção de cisterna para captação da água da chuva na escola. É fato que os recursos hídricos mundiais estão em crise:

“Há uma necessidade urgente para a comunidade global – setores públicos e privados – de unir-se para assumir o desafio de proteger e melhorar a qualidade da água nos nossos rios, lagos, aquíferos e torneiras.” Declaração da “ONU Água” para o Dia Mundial da Água 2010 (ONUBR, 2010).

A água está sendo respeitada e valorizada em todas as culturas, tornou-se um símbolo de equidade social. “Embora todos precisemos de água, isso não nos dá o direito de acesso a toda água que quisermos utilizar” (SELBORNE, 2001, p. 23).

Nesse sentido o presente estudo vem de encontro com as necessidades de ações corretivas no contexto educacional para atenuar o problema, procurando levar para comunidade escolar a mudança de hábitos para o uso racional da água.

3 Procedimentos metodológicos

Esse trabalho foi realizado por meio da aplicação do projeto de intervenção que ocorreu no Colégio Estadual General Carneiro – E.F.M.P. do estado do Paraná, núcleo de Campo Mourão, com aproximadamente 838 alunos matriculados, dados do site Portal Dia a Dia Educação. Esse trabalho envolveu os alunos da turma do 2º ano B do ensino médio.

A implementação se realizou em oito etapas elaboradas pela autora deste artigo, objetivando uma matemática contextualizada com o dia a dia dos alunos por meio da Modelagem Matemática na perspectiva Modelagem Matemática Crítica na investigação de um problema local. Os conteúdos de matemática foram sendo trabalhados conforme os alunos foram fazendo a investigação do problema e sentindo a sua necessidade. Segundo Araújo (2007) a Modelagem Matemática na perspectiva de Educação Matemática Crítica é quando os estudantes são convidados a trabalhar em grupos por meio de reflexões, diálogos, ouvindo e considerando ideias, trabalhando com questões políticas e democráticas na sala de aula, estendendo assim para questões políticas e sociais relacionando o papel da matemática na sociedade, trazendo contribuições para sua emancipação como cidadão crítico, não apenas se preocupando com o desenvolvimento de habilidades em cálculos.

A pesquisa foi de cunho qualitativo, a qual segundo Bogdan, Biklen (2003) assume a preocupação com o processo, envolvendo a aquisição de dados descritivos obtidos no contato direto do pesquisador com a situação estudada, se preocupando em retratar a perspectiva dos participantes.

Os conteúdos estruturantes discutidos nas etapas foram: Geometria, Grandezas e Medidas e Tratamento da Informação. Foram utilizados recursos

tecnológicos como laboratório de informática, data show, vídeos e instrumento de medição.

Esse trabalho abordou uma Educação Ambiental, transferindo os fenômenos globais para o dia a dia da comunidade escolar. Na concepção de Caldeira (1998) utilizar a Modelagem e Educação Ambiental, não só leva o aluno a compreender alguns aspectos Matemáticos relacionados com problemas que abrangem sua qualidade de vida, como proporciona subsídios para discutir e tomar decisões que envolvam problemas ambientais entre outros.

Os sujeitos da pesquisa que colaboraram no presente trabalho foram identificados da seguinte forma: Aluno 1, Aluno 2; Equipe 1, Equipe 2; Servente 1, Servente 2; Cozinheira 1, Cozinheira 2 e assim por diante, além do Engenheiro 1.

A primeira etapa com duração de quatro horas/aulas foi realizada por meio de vídeos com a finalidade de conscientização pelo desenvolvimento sustentável no intuito de promover futuras ações e posturas responsáveis diante de problemas ambientais globais e da comunidade escolar. Foram feitos debates e reflexões sobre os vídeos. Os alunos visitaram a escola para observar e anotar onde é utilizada a água consumida.

A segunda etapa com dez horas/aulas os alunos elaboraram um questionário para identificar possível existência de cisternas já executadas no município e ao mesmo tempo obter informações sobre o nível de conhecimento dos alunos da escola sobre desenvolvimento sustentável. Tabelaram e construíram os gráficos dos dados obtidos.

Na terceira etapa com cinco horas/aulas foram feitos análises e levantamento de dados do consumo e custo da água potável utilizada na escola para obter uma noção da dimensão da cisterna que poderá ser adquirida e a quantidade de área de telhado a ser utilizado.

A quarta etapa foi concluída com quatro horas/aulas objetivando explorar cálculos para a definição do tamanho da cisterna e a quantidade de calhas necessárias para maior eficiência com menor custo.

Na quinta etapa os alunos selecionaram um edifício do colégio para a possibilidade de uma futura construção de uma cisterna, em seguida realizaram a pesquisa da quantidade de material necessário para o desenvolvimento do projeto e o menor custo.

A sexta etapa com 8 horas/aulas foi realizada a construção de uma maquete, momento esse que se promoveu uma conexão entre teoria e prática, em que os alunos manipularam objetos para construir uma representação do seu espaço geográfico aproximando-os do conceito científico que estudaram e fazendo com que utilizassem conteúdos como: Geometria Plana, Geometria Espacial, Unidades de Medidas, Regra de Três, Escala, Medidas de Área, dentre outros.

4 Desenvolvimento e discussão das atividades

Na primeira etapa os alunos assistiram a vídeos na sala de aula por meio do projetor sobre “Objetivos Globais da ONU: como melhorar a vida em todo o mundo”, e “O que são os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU?”. Ambos apresentam os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, durante a apresentação foi dado ênfase no objetivo 6, o qual assegura a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos. Foram feitos debates para reflexão sobre cada vídeo, mas antes, para não haver influência ou direcionamento, eles responderam no diário do aluno as seguintes questões: “Definir o que entenderam sobre desenvolvimento sustentável” (essa pergunta também foi feita antes das exposições de vídeos), “O que sua comunidade escolar está fazendo para combater problemas futuros?” e “Que atitude sua comunidade escolar poderia tomar para combater futuras consequências?”. No decorrer das discussões foram surgindo várias respostas sobre as atitudes a tomar, como por exemplo: reaproveitar lixo reciclável, economizar energia e água. Entre as respostas, 32% dos alunos optaram em ter uma cisterna na escola. Segundo Meyer,

Reconhecer a Educação Ambiental em um ambiente de Educação Matemática é, então, aceitar que sentimento e consciência étnicos são parte fundamental da aprendizagem de conceitos matemáticos, abstratos ou práticos, teóricos ou concretos, úteis de imediato ou em longo prazo. São, portanto parte fundamental a ser considerada em seu ensino (MEYER, CALDEIRA e MALHEIROS, 2013, p.96).

Após a finalização das reflexões, debates dos vídeos, e questionários, os alunos chegaram conclusão na necessidade da comunidade escolar ter uma cisterna. Nesse momento a sala de aula se tornou um espaço democrático, após ações dialógicas os alunos estenderam um problema para o contexto social (ARAÚJO, 2009). Na sequência da escolha de que atitude a comunidade deveria tomar, os

alunos foram fazer uma investigação no pátio da escola para verificar onde, e para que, é utilizada toda água consumida na escola. Fizeram entrevista com as serventes e cozinheiras para saber a quantidade de vezes que limpam cada ambiente do colégio, e uma das entrevistadas relatou: “*precisamos conscientizar mais nossos alunos, há muito desperdício de água como, torneira largada aberta desperdiçando água*” (Servente 1). Na entrevista ao refeitório a cozinheira relatou: “*a pesquisa de vocês é muito interessante, montei uma minicisterna na minha casa reduzindo em 50% a despesa de água*” (Cozinheira 1). Essa declaração causou admiração nos alunos com a economia que o sistema proporcionou. Assim houve mais interesse por parte dos alunos em saber da comunidade escolar quem teriam um sistema de captação de água em sua casa. Naquele momento houve discussão e reflexão sobre as perguntas que seriam inseridas no questionário de pesquisa para a investigação de possíveis cisternas de captação de água construídas na comunidade e ao mesmo tempo aproveitaram para analisar o nível de conhecimento dos alunos quanto à sustentabilidade.

Depois de elaboração das questões iniciou-se outra discussão sobre a divisão e distribuição das turmas do colégio para cada equipe, tanto do diurno, vespertino e noturno. A Figura 1 abaixo mostra o modelo de questionário elaborado pelos alunos.

Figura 1: Questionário respondido pelo aluno 1 do colégio.

Projeto PDE – Programa de Desenvolvimento Educacional

1) O que você entende por sustentabilidade?
Sustentabilidade é cuidar do meio ambiente.

2) De quem é a responsabilidade de cuidar do meio ambiente?
A responsabilidade é de todo mundo porque não adianta um cuidar e outro poluir.

3) Você conhece alguma forma de captação de água?
() sim (X) não
Se sim, explique que tipo de captação você conhece ou já viu:

4) Em sua casa tem alguma forma de captação de água da chuva?
() sim (X) não
Se a resposta é sim, qual tipo?

5) Conhece algum lugar no seu município que tenha captação de água da chuva?
() Sim (X) não
Se a resposta foi sim, onde? _____

Fonte: Arquivo da professora PDE

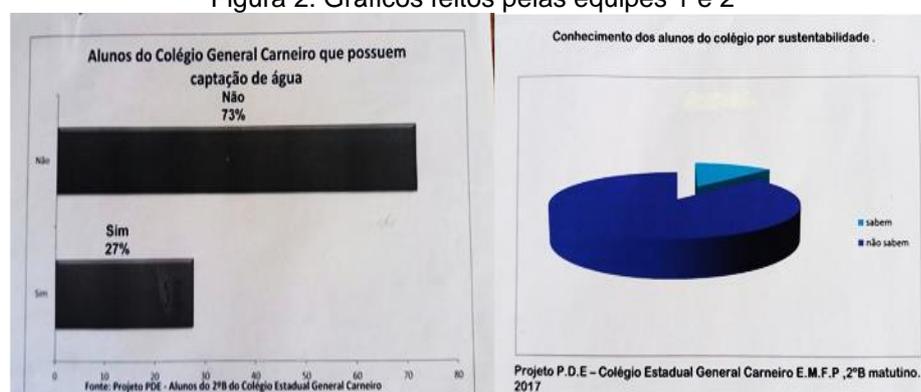
A equipe pedagógica e professores já sabendo do projeto de intervenção na escola foram comunicados sobre os dias que os alunos estariam coletando os dados da pesquisa com as turmas do colégio. A pesquisa teve contratempos como turmas

em avaliação descritiva e outras em horário de atividades físicas, fazendo com que os alunos retornassem a pesquisa em outro dia.

Terminada a coleta de dados de todas as turmas, os grupos começaram a tabulação dos dados. No término dos cálculos, ficaram admirados como a maioria dos alunos não tinham argumentos para descrever o significado de sustentabilidade como mostra a Figura 1. Essa percepção por parte dos alunos vem de encontro com a concepção de Meyer, Caldeira e Malheiros (2013), segundo eles uma aprendizagem matemática significativa é quando o professor integra pesquisa de campo envolvendo os alunos com sua realidade, avaliando, interagindo, tomando decisões e soluções, dando sentido à disciplina.

Cada equipe tabulou os dados das suas respectivas turmas, na sequência se dirigiram ao laboratório de informática para transferir os dados obtidos no formato de gráfico. Ao se depararem com o programa de planilhas, vieram muitas dúvidas, pois os alunos tinham pouca habilidade com o programa. A dificuldade no manuseio do software alterou o tempo previsto para montagem e impressão dos gráficos relacionados a baixo:

Figura 2: Gráficos feitos pelas equipes 1 e 2



Fonte: Arquivo professora PDE

Na terceira etapa os alunos pesquisaram no site do Portal Dia a Dia Educação, os dados sobre os gastos de água da escola nos últimos três anos 2014 a 2016. Com os dados em mãos como mostra Tabela 1, os grupos calcularam a média mensal de gasto de água tratada da escola em m³ e seu custo.

Tabela 1 - Gastos de água anual em m³ do Col. Est. General Carneiro- E.F.M. P.

Ano	Acumulado do ano/ m ³	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2016	1422	86	78	91	133	150	163	140	126	143	192	120	0
2015	1688	149	85	86	127	135	155	146	168	168	167	152	120
2014	1558	113	151	119	104	101	111	109	150	134	132	179	155
Total	4668	348	314	296	364	386	429	395	444	445	491	451	275

Fonte: Site Dia a Dia Educação/comunidade/consulta escola

Tabela 2 – Valor das faturas mensais de consumo de água do Col. Est. General Carneiro – E.F.M.P.

Ano	Total Ano (R\$)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2016	9.414,58	525,35	475,83	556,3	838,72	1018,26	1107,18	949,86	854,1	970,38	1305,54	813,06	0
2015	9.955,68	752,7	426,94	432,03	664,61	725,63	940,24	1142,28	956,18	1218,63	1026,74	933,89	735,81
2014	7.847,68	534,81	716,45	563,49	521,94	508,38	664,56	549,1	757,79	676,35	666,17	905,4	783,24
Total	27.217,94	1812,9	1619,22	1551,8	2025,3	2252,27	2711,98	2641,24	2568,1	2865,36	2998,45	2652,4	1519,05

Fonte: Site Dia a Dia Educação/comunidade/consulta escola

Figura 3: Atividade de cálculo da média mensal do colégio realizada pelo aluno 2

Ano	Média Mensal (m ³)	Média Mensal (Litros)	Média Diária (m ³)	Média Diária (Litros)
ano 2014	52,983	52.983,00 Litros	0,30	300 Litros
ano 2015	540,66	540.660 Litros	6,33	6.330 Litros
ano 2016	518,5	518.500 Litros	0,38	380 Litros

Fonte: Arquivo professora PDE

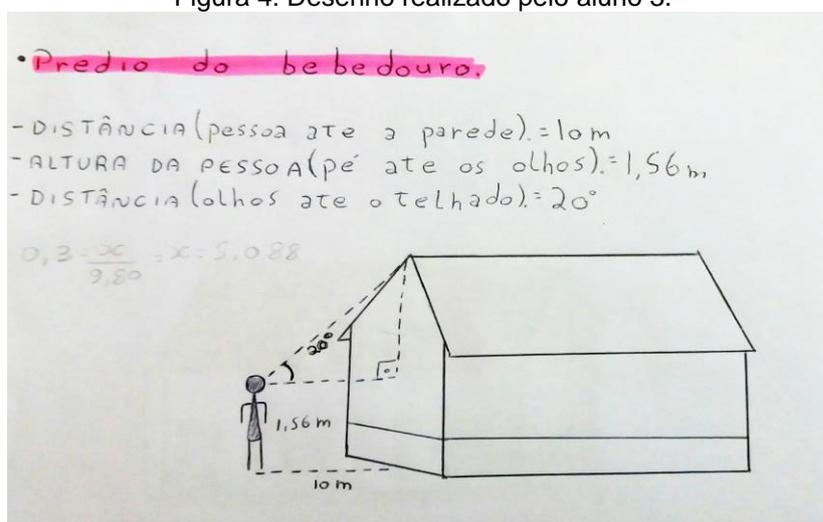
Os dados da Tabela 2, coluna 2 revelaram um gasto de R\$27.217,94 nos anos de 2014, 2015 e 2016, e os da Tabela 1, coluna 2 do mesmo período mostra um consumo médio de 4668 m³ de água. Ao final dos cálculos como mostra Figura 3, os alunos não tinham a noção de consumo de água do colégio, o cálculo feito com valores da Tabela 1, foi baseado na utilização da água somente em 22 dias do mês, aproximou-se da média de 5,89m³ de água por dia, fato que levou os alunos a discussões, reflexões e também a uma preocupação com a quantidade de gasto de

água tratada, sendo que a maior parte da água consumida na escola é para fins não potáveis.

Essa aprendizagem envolvendo a Modelagem Matemática leva os alunos a trabalhar com questões políticas e sociais da sua comunidade, os fazem entender a importância do conteúdo da matemática para a resolução de problemas, assim como despertar seu senso crítico para a convivência da sociedade atual (ARAÚJO, 2007).

Na sequência os alunos se dividiram em quatro grupos e cada grupo saiu no pátio do colégio para medir as dimensões de dois edifícios e a área de suas respectivas coberturas com a utilização de uma trena. Surgiram as dúvidas de como calcular lugares não acessíveis como a área de telhado, medida circular e cobertura em forma de semicircunferência (ginásio de esportes). O passo seguinte foi à construção de teodolitos para que as equipes pudessem medir a altura dos edifícios. Foi necessária a retomada do conteúdo das funções trigonométricas para a utilização do teodolito. Feita a medição dos edifícios e coberturas do colégio as equipes transpassaram para os cadernos por meio de desenho com suas respectivas dimensões. A Figura 4 a seguir ilustra um esboço com projeção sobre o prédio feito por um dos alunos na sequência do uso do teodolito.

Figura 4: Desenho realizado pelo aluno 3.



Fonte: Arquivo da professora PDE

Feito todos os cálculos das áreas das coberturas, iniciou-se um debate para escolha da melhor área para captação de água. A Figura 5 mostra as dimensões do prédio escolhido para captação da água. Finalizando a escolha da cobertura, calcularam a sua área utilizando a fórmula:

$$A = C \times L$$

$$A = 41,6 \text{ m} \times 10,96 \text{ m}$$

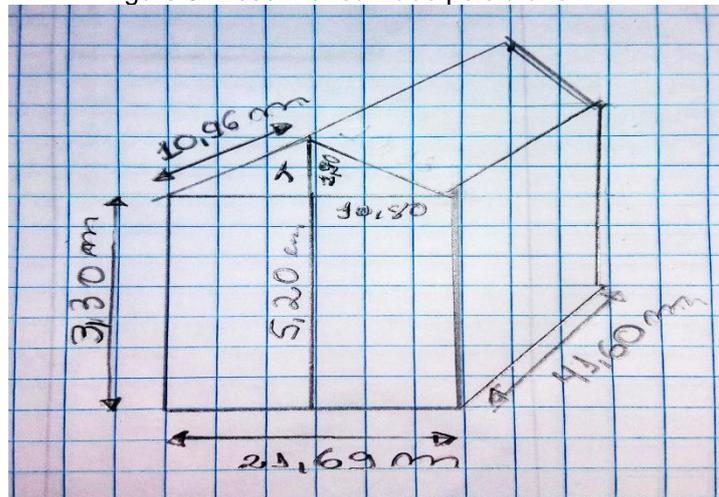
$$A = 455,94 \text{ m}^2$$

onde: A= área do telhado

C= comprimento

L= largura

Figure 5: Desenho realizado pelo aluno 4



Fonte: Arquivo da professora PDE

Reflexões e debates foram feitos sobre a cobertura do ginásio de esportes, com maior área ($\cong 1841,40 \text{ m}^2$) e melhor material de telhado para captação de água, resultando desconsiderar a hipótese de ser colocada a cisterna, pois sua altura demasiada seria difícil à colocação das calhas, ficando, assim, decidido o prédio com as medidas demonstradas na Figura 5.

Na quarta e quinta etapa, os alunos se dividiram em equipes e se dirigiram para o laboratório de informática pesquisar preços de materiais necessários para implementação de uma cisterna. Foi fornecido para os alunos o aplicativo “Menor Preço Nota Paraná”, indicado por um professor no Grupo de Trabalho em Rede (GTR), onde o aluno instala no seu celular e faz buscas pelo menor preço do produto na sua região. A autora desse artigo teve a oportunidade de conversar com um engenheiro sobre o custo da mão de obra para possível execução da cisterna, e segundo o engenheiro:

“o projeto é muito interessante, pois utiliza a sustentabilidade, algo que vem sendo estudado e utilizado nas construções atuais. Em relação à parte técnica para construção do sistema acho viável a pesquisa do custo da mão de obra local, comparado com os preços utilizados na tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) para ter uma base de preço tanto para mão de obra quanto para os materiais necessários para instalação do sistema de captação de água (Engenheiro 1).

Os alunos pesquisaram a mão de obra e fizeram comparações de acordo com a sugestão do Engenheiro 1, quanto aos produtos, pesquisas em materiais de construção da cidade e internet levando sempre em consideração os custos de transportes e qualidade dos materiais para chegar ao menor custo com melhor qualidade. Ao final da pesquisa houve debate e discussão sobre os preços encontrados, tornando a sala de aula um ambiente de aprendizagem, levando os alunos a compreender a importância da matemática nas decisões e tornando-os mais democráticos. Para Barbosa, a Modelagem:

É um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a problematizar e investigar, por meio da matemática, situações com referências na realidade (BARBOSA, 2004, p.3).

O desenvolvimento da sexta etapa se deu com a construção da minicisterna (Figura 7) e maquete da escola (Figura 6), promovendo uma conexão entre teoria e prática, além de várias discussões em relação ao material a ser utilizado e a escala mais apropriada, processo que desenvolveu o aluno para tomada de decisões, o tornando mais reflexivo (Barbosa 2004). Cada parte da maquete foi dividida para os grupos, como a cobertura, paredes, piso, grama, árvores, etc. Os detalhes dos materiais que foram utilizados iam sendo decididos conforme os grupos pesquisavam nas papelarias da cidade e discutiam os materiais mais adequados, momento que levou a sala de aula a um ambiente de aprendizagem educacional significativa. Na conclusão da maquete se apresentou para a comunidade escolar a cobertura do prédio selecionada para captação de água da chuva, a qual pode ser observada na Figura 7 abaixo

Figura 6: Maquete (escala 1:50) construída pelos alunos do 2ºB.



Foto: Arquivo do professor PDE

Figura 7: Minicisterna construída pelos alunos do 2ºB, exposta à comunidade escolar.



Foto: Arquivo professor PDE

Na exposição da minicisterna apresentada na Figura 7 para a comunidade escolar, foram mencionados os valores aproximados para sua instalação, mostrando seu baixo custo e redução consequentemente no gasto de água potável, despertando interesse em várias pessoas que fizeram a visita.

Diante dos estudos já realizados anteriormente, na sétima etapa foram feitas as análises em tabelas de dados retirados no site <http://www.aguasparana.pr.gov.br> pela autora desse projeto, pois o tempo de retirada desses dados pelos alunos no laboratório de informática não seria viável, pois, no mesmo não há impressora no local, excedendo assim a execução dessa etapa. Com as tabelas em mãos, os alunos iniciaram as análises sobre a média pluviométrica do município (195,6mm/mês) como mostra Tabela 3, a média mensal da vazão pluviométrica (108,72m³/s) disponível no site citado, e a área disponível da cobertura (455,94m²) do colégio para dimensionar o volume da cisterna. Com os 455,94m³ de área de captação do telhado multiplicado com a média pluviométrica de 195,6mm/mês, obteve-se uma capacidade média mensal de 89.181,86 litros equivalente a 89,18m³ de água.

Tabela 3: Tabela utilizada pelos alunos do 2º ano

Tabela pluviométrica da região do município de Roncador - PR - De 2013 a 2016				
Ano	Total anual (mm)	Máxima diária	Ocorrência	Dias de chuva
2013	2178,5	100,8	25/06/2013	120
2014	2317,2	114,5	26/09/2014	99
2015	2499,3	86,7	11/07/2015	135
2016	2396,6	100,2	26/04/2016	112

Fonte: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/>

Levando-se em consideração a valorização ao meio ambiente, e custo, a cisterna com capacidade para 15m³ seria a melhor opção para se colocar no sistema de captação de água da chuva do colégio. Pesquisas feitas em materiais de construção da cidade, região e internet constataram um custo de aproximadamente R\$14.900,00 para a viabilização do sistema de captação de água da chuva. A média de gasto mensal do colégio é de 129,7m³/mês conforme Tabela 1, coluna 2, o sistema analisado pode fazer uma captação mensal de água de 89,18m³/mês (455,94m² x 195 mm/mês) que equivale a 69,03% do gasto geral do colégio. Considerando a média de despesas dos três anos analisados na Tabela 2 de R\$27.217,94, esses 69,03% daria uma economia de R\$ 18.788,54, mostrando que a construção desse sistema de captação de água se pagaria em aproximadamente 3 anos. Para um abastecimento de água da chuva mais eficiente, deveria-se fazer uma análise mais profunda (maior tempo para pesquisa) na média dos dias de chuva nos respectivos meses dos anos analisados como mostra a Tabela 3, coluna 5, análise que certamente apontaria para um reservatório maior, pois há dias de secas, mas isso não seria viável em termos de custo para a escola, ficando assim concluído pelos alunos que a capacidade de 15m³ seria a melhor opção para o sistema de captação de água.

Dessa forma os alunos puderam constatar a viabilidade do sistema, principalmente no que diz respeito à sustentabilidade. Há vários estruturantes que se devem levar em conta, como o fator político por se tratar de uma entidade pública.

Toda essa investigação apenas ocorreu devido à utilização da abordagem em Modelagem Matemática numa perspectiva de Modelagem Matemática Crítica envolvida nas etapas.

Segundo Skovsmose (2001) a investigação com referência à vida real ajuda a tornar a Educação Matemática contextualizada, construída sob uma hipótese, com entendimento do seu papel na sociedade, tendo significado e dimensão crítica.

Finalizando, foram feitos os preparativos para apresentação à comunidade escolar. Os alunos ilustraram o sistema de captação da água da chuva por meio de uma maquete constituída de uma casa com calhas, uma caixa d'água com motor levando a água para uma cisterna mais elevada e essa com maior pressão distribuindo a água para todos os lugares necessários, demonstrando o ciclo da água no sistema. Outra equipe fez a exposição da minicisterna (Figura 7), explicando a montagem, os custos dos materiais e comentando sobre a importância da sustentabilidade, enquanto

outra equipe explicava a construção da maquete (Figura 6), o telhado escolhido para o sistema de captação de água e demonstrava a utilização do teodolito.

5 Considerações finais

A Modelagem Matemática na perspectiva de Modelagem Matemática crítica aplicada na investigação dos impactos na implantação de uma cisterna no colégio em relação ao custo/benefício despertou na maior parte dos alunos um interesse pela matemática e a apreensão da mesma para solucionar problemas do seu cotidiano. A Modelagem Matemática trabalhada proporcionou um entendimento dos direitos e deveres do aluno, interagindo e participando de questões socioeconômicas e ambientais, desenvolvendo senso crítico e habilidade em resoluções de situações-problemas. Mas, além disso, foi possível perceber maior interação entre os educandos, envolvendo discussões diversas acerca de problemas sociais.

Durante o desenvolvimento desse trabalho o professor foi em busca de informações atualizadas para que a aprendizagem por meio da Modelagem Matemática fosse comprometida e contextualizada com o meio em que o aluno está inserido, assumindo a postura de mediador.

Os professores do Grupo de Trabalho em Rede (GTR) que acompanharam a implementação do projeto na escola contribuíram por meio de postagens, sugestões e experiências já vivenciadas melhorando este artigo e considerando a Modelagem como uma alternativa eficaz.

O presente trabalho deixa notória a importância de se trabalhar Modelagem como uma das metodologias de ensino da matemática, envolver a Educação Ambiental no ensino aprendizagem, levou o aluno a uma conscientização ambiental além de reflexões e entendimento do papel da matemática na sociedade, interagindo com uma participação crítica. A Modelagem Matemática contextualizada no real mudou o olhar do aluno perante a matemática tradicional, ofereceu significado ao conteúdo por meio do caráter investigativo e o levou a uma oportunidade de criar o conhecimento.

6 Referências

ARAÚJO, J. L. Educação Matemática Crítica na Formação de Pós-Graduandos em Educação Matemática. In: _____ (Org.). **Educação Matemática Crítica: reflexões e diálogos**. Belo Horizonte: Argvmentvm, 2007.

_____. Uma Abordagem Sócio-Crítica da Modelagem Matemática: a perspectiva da educação matemática crítica. **ALEXANDRIA: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.2, n.2, P.55-68, jul. 2009.

BARBOSA, J.C. Modelagem Matemática: O que é? Por que? Como? **Veritati**, n.4, P. 73-80, 2004.

BOGDAN, R. S.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. 12.ed. Porto: Porto, 2003.

BURAK, D. **Modelagem Matemática: ações e interações no processo de ensino-aprendizagem**. 1992. Tese de Doutorado - FE/UNICAMP – Campinas - SP. 1992.

CALDEIRA, A. D. Educação Matemática e Ambiental: um contexto de mudança. **Faculdade de Educação – FE/UnB – 1998**. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000132369>. Acesso em: 23 de agosto de 2016.

MEYER, J. F. C. A.; CALDEIRA, A. D. ; MALHEIROS, A. P. S. **Modelagem em Educação Matemática**. 3ª ed. Belo Horizonte, MG: Autêntica Editora, 2013.

ONU BR – Nações Unidas no Brasil - <https://nacoesunidas.org/acao/agua/>: acessado em 02/09/2016

PARANÁ, Secretaria de Estado da Educação. Diretrizes Curriculares de Matemática da Educação Básica. Curitiba: SEED, 2008

SELBORNE, L. **A ética do uso da água Doce**: Um levantamento. Brasília: UNESCO, 2001. Tradução: Sérgio Guarish Bath.

SKOVSMOSE, O. Cenários para investigação. **Bolema**. Ano 13, n. 14, 2000. P. 66 - 91.

SKOVSMOSE, O. **Educação Matemática crítica**: a questão da democracia, Campinas- SP: Papyrus, 2001.