



# **MONITORAMENTO DE CHUVAS E DESLIZAMENTOS EM ESCOLAS PÚBLICAS LOCALIZADAS EM ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO: A EXPERIÊNCIA NA ESCOLA ESTADUAL MARIA HELENA DUARTE CAETANO, BAIRRO COTA 200 EM CUBATÃO-SP**

Rafael Afonso Pellegrini de Almeida Lucas<sup>1</sup>

Thalita Gabriele Batista de Jesus<sup>2</sup>

Gabriella Forato Avancini<sup>3</sup>

Lívia Sayumi Honda Kiguti<sup>4</sup>

## **RESUMO**

O projeto *Prevenção de deslizamentos se aprende na escola: ciência cidadã em redução de riscos de desastres* foi concebido a partir do diálogo com as equipes de Cemaden do *Projeto RedeGeo* e do *Programa Cemaden Educação: Rede de Escolas e comunidades na prevenção de desastres*, com a Escola Estadual Maria Helena Duarte Caetano e com a Defesa Civil de Cubatão-SP. A escola que se encontra em uma área de risco geológico localizada no bairro Cota 200 em Cubatão, é onde está sendo desenvolvido o projeto com pesquisadoras de Iniciação Científica Jr que estão sendo orientadas pelo professor da disciplina de Geografia e por pesquisadores do Cemaden. Os resultados do monitoramento diário de chuvas efetuado com pluviopETs tem demonstrado resultados que indicam que a variação entre os valores do pluviopET e do pluviômetro automático não devem impedir a aplicabilidade em um sistema comunitário de alerta de risco, considerando o histórico de volumes de chuva necessário para causar deslizamentos na região. A perspectiva posta pelo projeto em áreas de risco visa contribuir para a resiliência da comunidade auxiliada por meio da ciência cidadã.

**Palavras-chave:** Ciência Cidadã, Educação para Redução de Desastres, Deslizamentos.

## **INTRODUÇÃO**

A educação para redução de risco de desastres é uma poderosa abordagem que a escola pública pode assumir em áreas de risco de desastres naturais. Existe um universo de 2.443 escolas localizadas em áreas de risco alto e muito alto de deslizamentos ou inundação em municípios prioritários monitorados pelo Cemaden no Brasil (Marchezini, Muñoz e Trajber, 2018).

---

<sup>1</sup> Pesquisador e Professor da Escola Estadual MHD Caetano, Cubatão-SP, [rafaelafonsolucas@gmail.com](mailto:rafaelafonsolucas@gmail.com);

<sup>2</sup> Pesquisadora e Aluna da Escola Estadual MHD Caetano, Cubatão-SP, [batistathalita19@gmail.com](mailto:batistathalita19@gmail.com);

<sup>3</sup> Pesquisadora e Aluna de Graduação da UNIFESP, Santos-SP, [gfavancini@gmail.com](mailto:gfavancini@gmail.com);

<sup>4</sup> Pesquisadora e Aluna de Graduação da UNIFESP, Santos-SP, [liviasayumi.kiguti@gmail.com](mailto:liviasayumi.kiguti@gmail.com).



O tema de redução de risco de desastres é envolvente ao relacionar a realidade de convivência das pessoas conhecidas pela comunidade escolar com o perigo de deslizamentos, buscando estabelecer o entendimento das causas destes e de formas de prevenção, entre elas o monitoramento de chuvas e a comunicação do risco. Nesta causa, o ensino de ciências físicas e humanas pela escola pública, em especial no ensino médio, encontra um forte motivo de tratar o problema de segurança de forma preventiva aplicando o conhecimento científico acadêmico com aquele coproduzido com pesquisadores amadores.

Considerando a problemática de escolas e comunidades situadas em áreas de risco de deslizamentos o projeto *Prevenção de deslizamentos se aprende na escola: ciência cidadã em redução de riscos de desastres* foi concebido a partir do diálogo das equipes do Cemaden do Projeto RedeGeo (FINEP) e do Programa Cemaden Educação: Rede de Escolas e comunidades na prevenção de desastres. O RedeGeo integra a estratégia nacional de monitoramento de fatores ambientais desencadeadores de deslizamentos em encostas urbanas, com o objetivo de aumentar a precisão dos alertas de deslizamentos. O Cemaden Educação traz um conceito inovador ao trabalhar iniciação científica com produção de conhecimento sobre o território (escola, bairro) pela comunidade escolar (estudantes, professores etc.) e o compartilhamento de informações em rede via crowdsourcing, num contexto de ciência cidadã para a prevenção de desastres. O projeto visa que cada escola participante se torne um “Cemaden micro-local”, um espaço para realizar pesquisas, monitorar os riscos no ambiente, desenvolver e compartilhar conhecimentos e estratégias, entender e emitir alertas de risco de desastres naturais. O projeto foi contemplado na Chamada MCTIC/CNPq N° 05/2019 – Programa Ciência na Escola - *Linha 2* – Ações de intervenção em escolas de educação básica com foco em ensino de ciências.

A identificação de pontos para instalação de PCDs geotécnicas no âmbito do projeto RedeGeo (FINEP) localizou a Escola Estadual Prof. Maria Helena Duarte Caetano em Cubatão implantada no bairro Cota 200 na escarpa da Serra do Mar à margem da Rodovia Anchieta, como local adequado para instalação de pluviômetro automático para monitoramento de chuva e umidade do solo por estar localizada em área de risco de deslizamento de terra.

Assim, surgiu a proposta de construção conjunta com a escola de uma estratégia de percepção e prevenção de risco com base no ensino de ciências, tecnologia e inovação baseada no desenvolvimento de atividades sobre a temática de deslizamento de terra.

A escola vem desenvolvendo um sistema de monitoramento, alerta e ação comunitária de base escolar para a prevenção ao risco de deslizamento de terra. O sistema está sendo Chamada MCTIC/CNPq N° 05/2019 – PROGRAMA CIÊNCIA NA ESCOLA



criado a partir da integração entre instituições de ciência e tecnologia (Cemaden e Unifesp), a escola pública e a Defesa Civil de Cubatão. Por meio deste projeto, os alunos terão acesso à sistematização e ao tratamento de dados, possibilitando a eles uma noção maior sobre a integração das disciplinas para a formação do conhecimento. Será também possível a obtenção de resultados a partir de dados coletados pelos próprios alunos, estimulando a curiosidade para a construção do conhecimento em torno de sistema de alerta de deslizamentos. Por meio da maior integração do aluno com o ambiente escolar e com a comunidade, será possível tornar o conhecimento adquirido em algo compartilhável com a sociedade em prol da qualidade de vida das comunidades em áreas de risco geológico e da sustentabilidade das cidades. Ao disseminar conhecimentos científicos, de saberes e práticas, os estudantes e professores se tornarão agentes multiplicadores da proteção de suas comunidades e a escola.

O projeto, cujo desenvolvimento se estende até dezembro de 2021, já apresenta resultados promissores, mesmo com os desafios impostos pela pandemia e quarentena escolar em vigor. E essa experiência é trazida para motivar a discussão dos potenciais desdobramentos da ciência cidadã nas comunidades brasileiras.

Neste sentido, são apresentados os resultados do trabalho realizado pelos pesquisadores da Escola Estadual Maria Helena Duarte Caetano orientados pelo pesquisador Marcio Roberto M. de Andrade (Cemaden), coordenador do projeto CNPq. O monitoramento de chuvas efetuado por pluvióPETs nos meses de junho, julho e agosto de 2020 demonstram alta correlação com os dados coletados nos pluviômetros automáticos do Cemaden. Essas conclusões convergem para estudos anteriores (Silva e Gervilla, 2019) sobre a aplicabilidade deste método de observação de chuvas que pode ser alternativo ou mesmo redundante ao adensar uma rede de observação já existente.

## **METODOLOGIA**

O projeto assume o conceito exposto por Torrealba (2007) para um sistema de alerta antecipado (SAA) de desastre natural (Figura 1). Neste são destacados os 4 componentes de um sistema de SAA que se constituem em parte nos objetivos específicos deste projeto.

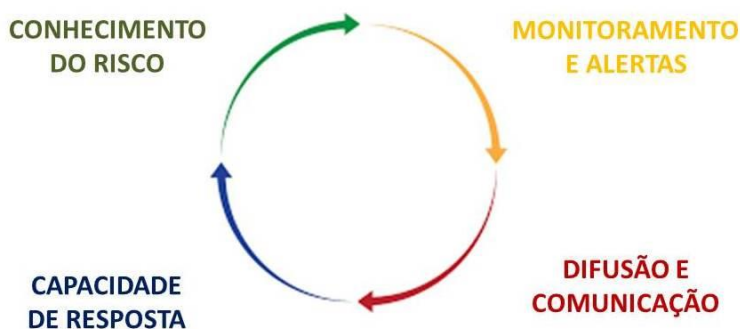


Figura 1. Componentes de um Sistema de Alerta Antecipado com base em Torrealba (2007).

### Objetivos específicos

1. Conhecimento do risco - Produzir de forma participativa uma sequência de atividades científico-pedagógica sobre redução de riscos de desastres de deslizamento de terra, envolvendo diversas áreas do conhecimento (exatas, humanas e biológicas), direcionadas para os estudantes do ensino médio;
2. Monitoramento e alertas - Implantar um sistema de observação e previsão de risco de deslizamentos que inclui uma rede observacional pluviométrica de baixo custo integrada a rede automática do Cemaden, centrada na comunidade escolar, no que concerne a sua confecção, instalação e monitoramento de risco de deslizamento de terra;
3. Difusão e comunicação - Organizar um grupo intergeracional envolvendo estudantes, representantes de instituições parceiras deste projeto e membros da comunidade escolar para realizar ações de intervenção de mitigação de risco de deslizamento de encosta (ComVidAção/NUDEC);
4. Difusão e comunicação - Produzir materiais de divulgação da metodologia deste projeto em Facebook, Instagram, E-book, portal do Cemaden, etc.

### Área do trabalho

A Escola Estadual Professora Maria Helena Duarte Caetano está localizada em área de risco no bairro Cota 200, em Cubatão – SP na Serra do Mar. Sua origem remonta o final da década de 30 quando os primeiros acampamentos de operários do DER (Departamento de Estrada de Rodagem) foram instalados para a construção da Rodovia Anchieta ligando a Capital do estado à Baixada Santista. Terminada a construção, e por conta da preservação ambiental e do risco de deslizamento, os moradores foram retirados de local. No entanto, a





área foi ocupada novamente alguns anos mais tarde por famílias de baixa renda. A escola instalada neste bairro recebe atualmente 304 estudantes, sendo 155 matriculados no ensino fundamental I; 96 do ensino fundamental II; e 53 do ensino médio. A Figura 2 apresenta imagem da localização da escola pública envolvida na pesquisa.

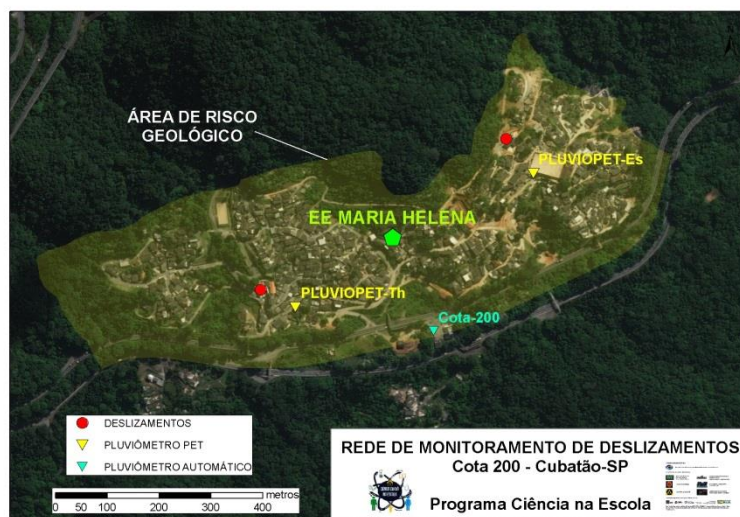


Figura 2. Imagem aérea da Escola Estadual Professora Maria Helena Duarte Caetano e dos pluviopETs no bairro Cota 200, Cubatão-SP (Fonte: Imagem Google, acesso em 13/05/2019).

### **Oficinas pré-projeto**

De forma a produzir um conhecimento científico dos fatores do risco de forma experimental, foram desenvolvidas duas oficinas sobre monitoramento de deslizamentos direcionadas para os estudantes do ensino médio pelo projeto RedeGeo que antecederam e contribuíram para a formação deste projeto. Estas oficinas envolveram os seguintes conhecimentos:

1ª OFICINA DE MONITORAMENTO DE DESLIZAMENTOS DE SOLOS NAS ESCOLAS DA BAIXADA SANTISTA - 06 de setembro de 2019. A construção participativa, dialógica e indutiva levou as seguintes formulações pelos alunos:

O problema: *Deslizamentos causados por chuvas na Cota 200 em Cubatão-SP;*

Fundamentos: Ciências naturais e tecnologia;

Hipótese: *“A água da chuva causa deslizamentos porque entra no solo deixando-o sem resistência”;*

A oficina foi constituída de 4 experimentos:

Experimento 1: Observação do efeito da absorção da água em meios porosos e em um bloco de solo;



Experimento 2: Observação e comparação da porosidade (espaços vazios) de diferentes solos (textura). 100ml de solo + água;

Experimento 3: Observação e comparação da coesão e plasticidade de diferentes solos (textura);

Experimento 4: Sondagem, amostragem e montagem do perfil do solo da escola.

2ª OFICINA: MAPEAMENTO PARTICIPATIVO DE RISCO DE DESLIZAMENTO – 20 de setembro de 2019.

Experimento 1: Quais os principais fatores que causam deslizamentos no bairro Cota 200? Com base na apresentação da Defesa Civil de Cubatão. Quais itens devem constar das fichas de observação de campo?

(I) Elaboração da ficha de campo pelos alunos e professores;

Experimento 2: Explorar ferramentas de localização e visualização no Google Earth e fazer um primeiro mapa do pedaço:

(I) Localização da Escola MHD Caetano no Google Earth;

(II) Localização das ocorrências da Defesa Civil de Cubatão no Google Earth;

(III) Localização das casas dos alunos ou outras referências no Google Earth.

Experimento 3: Cadastro de pontos em campo – mapeamento dos locais de risco:

(I) observação dos elementos da paisagem que compõem o terreno da Escola MHD Caetano e os terrenos no em torno;

(II) observação dos locais das ocorrências da Defesa Civil e reconhecimento de indicadores de perigo (preenchimento das fichas de observação/fotografias);

(III) observação de indicadores de perigo em outros locais (preenchimento das fichas de observação/fotografias);

(IV) indicação no mapa dos locais de risco observados em campo (Figura 3);

(V) elaboração do relatório de mapeamento de risco.



Figura 3. Imagem do cadastro de pontos em campo pelo mapeamento dos locais de risco.  
(Fonte: Google Earth e Foto: Andrade)

### Monitoramento de chuvas com o PluvioPET

O experimento com pluviômetros construídos com garrafas PET (Figura 4), também chamado de pluviômetros artesanais e aqui denominados de pluvioPETs, tem sido desenvolvido pelo Professor de Geografia da EE MHD Caetano ao longo do ano de 2019 com alunos do ensino médio. O passo a passo para a construção do pluvioPET pode ser encontrado em: <http://educacao.cemaden.gov.br/site/activity/MTAwMDAwMDAwMTg>.



Figura 4. PluvioPET construído conforme orientação do professor pesquisador da EE MHD Caetano (Foto: Lucas).





A ficha de monitoramento foi utilizada pela pesquisadora para anotar a coleta de dados diária, sempre efetuada às 9 horas da manhã. O monitoramento efetuado ao longo dos meses de junho, julho e agosto foi comparado com os dados dos pluviômetros automáticos do Cemaden (Figura 5) com precisão de 0,2 mm, cujos os dados estão disponíveis em tempo real por meio do Mapa Interativo disponível no portal do Cemaden (<http://www.cemaden.gov.br/mapainterativo/#>) onde é possível a todo cidadão brasileiro com acesso à internet, observar valores de chuva medidos em cada uma das 3.203 Plataformas de Coleta de Dados Pluviométricos distribuídas no Brasil, onde é concebível entre outras informações, observar os pontos das estações com fundo geográfico.

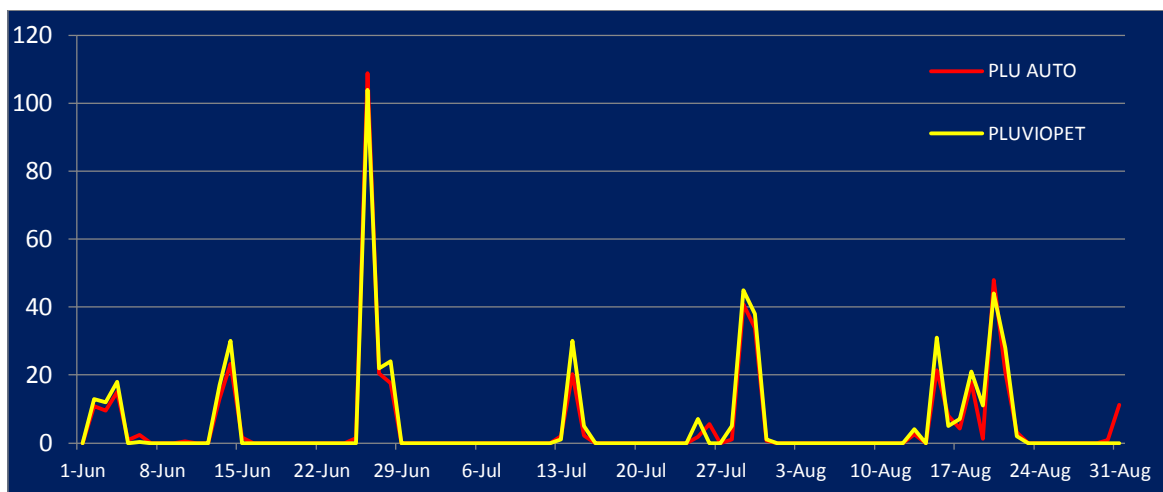


Figura 5. Gráfico do monitoramento de chuvas efetuado pela pesquisadora Thalita da EE MHD Caetano. Resultado comparado com os dados dos pluviômetros automáticos do Cemaden.

No período de junho, julho e agosto de 2020 foram 35 registros de dados diários de chuva coletados. A comparação entre os dados do pluvioPET e do pluviômetro automático do Cemaden (PCD) pode ser observado na Figura 6 (Tabela) onde é possível verificar a variação entre os dados.



Maio 2020	PET	PCD	Variação	Junho 2020	PET	PCD	Variação	Julho 2020	PET	PCD	Variação	Agosto 2020	PET	PCD	Variação
1	sem dados	0	sem dados	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
2	sem dados	0,8	sem dados	2	13,0	10,9	2,1	2	0	0	0	2	0	0	0
3	sem dados	0	sem dados	3	12,0	9,5	2,5	3	0	0	0	3	sem dados	0	sem dados
4	sem dados	0	sem dados	4	18,0	15,0	3,0	4	0	0	0	4	sem dados	0	sem dados
5	sem dados	0	sem dados	5	0	0,8	0,8	5	0	0	0	5	sem dados	0	sem dados
6	sem dados	0	sem dados	6	0,2	2,4	2,2	6	0	0	0	6	sem dados	0	sem dados
7	sem dados	22,3	sem dados	7	0	0	0	7	0	0	0	7	sem dados	0	sem dados
8	sem dados	2,8	sem dados	8	0	0	0	8	0	0	0	8	sem dados	0	sem dados
9	sem dados	0,2	sem dados	9	0	0	0	9	0	0	0	9	0	0	0
10	sem dados	0	sem dados	10	0	0,4	0,4	10	0	0	0	10	0	0	0
11	sem dados	0	sem dados	11	0	0	0	11	0	0	0	11	0	0	0
12	sem dados	0	sem dados	12	0	0	0	12	0	0	0	12	0	0	0
13	sem dados	0	sem dados	13	17,0	13,2	3,8	13	1,0	2,0	1,0	13	4,0	2,6	1,4
14	16,0	13,8	2,2	14	30,0	23,3	6,7	14	30,0	20,2	9,8	14	0	0	0
15	41,0	37,8	3,2	15	0	1,6	1,6	15	5,0	2,2	2,8	15	31,0	21,5	9,5
16	0	0	0	16	0	0	0	16	0	0	0	16	5,0	8,1	3,1
17	0	0	0	17	0	0	0	17	0	0	0	17	7,0	4,2	2,8
18	0	0	0	18	0	0	0	18	0	0	0	18	21,0	17,9	3,1
19	sem dados	0	sem dados	19	0	0	0	19	0	0	0	19	11,0	1,2	9,8
20	sem dados	0	sem dados	20	0	0	0	20	0	0	0	20	44,0	48,0	4,0
21	sem dados	0	sem dados	21	0	0	0	21	0	0	0	21	28,0	20,9	7,1
22	sem dados	0	sem dados	22	0	0	0	22	0	0	0	22	2,0	3,2	1,2
23	sem dados	0,8	sem dados	23	0	0	0	23	0	0	0	23	-	-	-
24	sem dados	0	sem dados	24	0	0	0	24	0	0	0	24	-	-	-
25	sem dados	0	sem dados	25	0	1,4	1,4	25	7,0	1,8	5,2	25	-	-	-
26	sem dados	0	sem dados	26	104,0	108,9	4,9	26	0	5,6	5,6	26	-	-	-
27	sem dados	0	sem dados	27	22,0	20,5	1,5	27	0	0	0	27	-	-	-
28	sem dados	0	sem dados	28	24,0	17,6	6,4	28	5,0	1,0	4,0	28	-	-	-
29	sem dados	0	sem dados	29	0	0	0	29	45,0	40,9	4,1	29	-	-	-
30	sem dados	0	sem dados	30	0	0	0	30	38,0	33,8	4,2	30	-	-	-
31	sem dados	0	sem dados	31	0	0	0	31	1,0	0,6	0,4	31	-	-	-

Figura 6. Tabela de dados de monitoramento diário de chuvas com o pluviopET efetuado pela pesquisadora Thalita da EE MHD Caetano.

Verifica-se alta correlação entre os valores obtidos. O monitoramento com pluviopET se mostrou eficiente, considerando-se que a variação de no máximo 10 mm pode ser tolerável para aplicação no sistema de alerta, tendo em vista que a região tem histórico de deslizamentos com valores diários bem elevados, acima dos 100 mm de chuva. A chuva que ocorreu no dia 26 de junho de 108,9 mm no pluviômetro automático do Cemaden teve uma diferença de 5 mm com relação ao pluviopET. A acurácia do monitoramento de chuvas com o pluviopET, portanto, demonstra um erro aceitável para o sistema de alerta antecipado de base comunitária, corroborando estudos anteriores nessa temática (Silva e Gervilla, 2019).

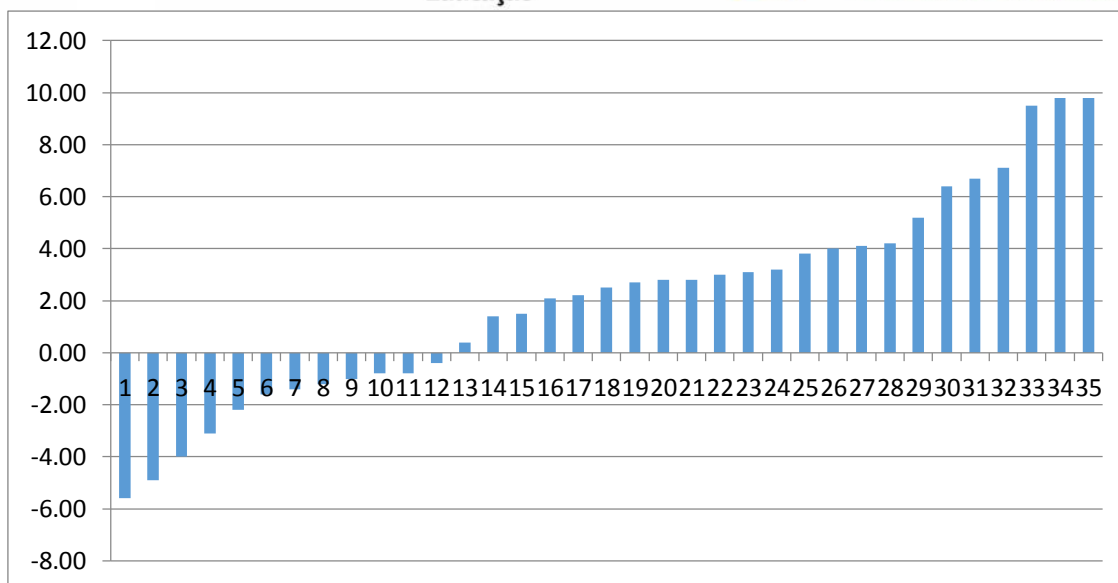


Figura 7. Gráfico da variação entre os valores de medição (mm) observados no pluviômetro automático do Cemaden (PCD) e o pluviômetro PET em 35 coletas diárias de dados.

Os dados de monitoramento de chuva finalmente são publicados em boletins semanais e mensais no Facebook disponível em <https://m.facebook.com/Ci%C3%A3na-Cidad%C3%A3-na-Escola-100567134964500/>.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O conhecimento do risco é o primeiro passo para entender os principais fatores que estão na causa dos deslizamentos. A chuva extrema corresponde ao fator imediato dos deslizamentos que atingem as situações de vulnerabilidades mais baixas de forma mais severa.

Desta forma, para que haja a compreensão da importância de se monitorar as chuvas é preciso inicialmente entender o risco de deslizamentos sobre as moradias. Para isso deve-se conhecer o comportamento dos solos quando secos e quando úmidos, do terrenos inclinados quando estão naturais ou quando estão cortados, das casas quando estão com rachaduras ou ficando inclinadas, ou seja, treinar o olhar para os sinais do risco.

O levantamento do histórico de deslizamentos no bairro da escola pode ser feito com pesquisas em jornais e mesmo nas Defesas Cíveis dos municípios, sendo uma atividade fundamental para se entender com que frequência tem havido deslizamentos na cidade, em quais bairros tem ocorrido, qual foram os impactos sociais e econômicos causados e, se possível identificar com quanto volume de chuva que os deslizamentos ocorreram.



A construção e uso do pluviPET não apresentam dificuldades, bastando estabelecer uma rotina diária de observação quando é feita a medição e anotação na ficha de monitoramento. Neste caso, é importante o rigor com o horário da medição ser mantido sempre o mesmo.

Os resultados tem demonstrado que a variação nos valores observados no pluviPET em comparação com os dos pluviômetros automáticos (PCD) não devem impedir o uso no sistema comunitário, tendo em vista que os erros observados quando comparados com os valores de chuvas, considerando que ultrapassam a 100 mm, estão dentro de uma margem de segurança efetiva para o momento da comunicação do risco.

Estes resultados permitem concluir que o monitoramento de chuvas por pesquisadores do ensino médio pode ser um importante recurso para prevenção de deslizamentos nas comunidades em áreas de risco geológico.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados iniciais do projeto *Prevenção de deslizamentos se aprende na escola: ciência cidadã em redução de riscos de desastres* demonstraram um potencial efetivo para o desenvolvimento de novos projetos comunitários de monitoramento de chuvas para comunicação de risco em áreas de risco geológico.

A continuidade do projeto durante o próximo verão que se iniciará em dezembro de 2020, deverá confirmar a aplicabilidade do método ao fornecer um volume de dados bem superior ao atual o que permitirá uma análise mais consistente.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Programa Ciência na Escola (CNPq Proc 441069/2019), à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP Convênio nº 01.16.0068.00 - FINEP/REMADEN), à Defesa Civil de Cubatão e à Diretora Maria Suzana da Escola Estadual MHD Caetano e à Diretoria de Ensino do Estado de São Paulo.

## **REFERÊNCIAS**

MARCHEZINI, V.; MUÑOZ, V. A.; TRAJBER, Rachel. Vulnerabilidade escolar frente a desastres no Brasil. Revista Territorium, n.º 25 (II), 2018. Disponível online: [https://digitalis.uc.pt/pt-pt/artigo/vulnerabilidade\\_escolar\\_frente\\_desastres\\_no\\_brasil](https://digitalis.uc.pt/pt-pt/artigo/vulnerabilidade_escolar_frente_desastres_no_brasil). Acesso em 23/05/2019.



**Educação como (re)Existência:  
mudanças, conscientização e  
conhecimentos.**

15, 16 e 17 de outubro de 2020

Centro Cultural de Exposições Ruth Cardoso - Maceió-AL

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO - MCTI. Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012 – 2015. MCTI: Brasília, 2012. Disponível em: <http://bibspi.planejamento.gov.br/handle/iditem/384>. Acesso em 23/05/2019.

SILVA, L. A.; GERVILLA, E. Importância e confiabilidade de pluviômetros artesanais na medição da precipitação: métodos e aplicações. *GEOHÍDRICA*, v.1, n.1: pg. 01-16, 2019.

TORREALBA, P. Los componentes de un sistema de alerta temprana. VI International Tsunami Mitigation Workshop: New insights in Tsunami research, preparedness, Warning and mitigation, Guayaquil, Ecuador, 14 de September de 2007.