

## SISTEMA INTELIGENTE DE MONITORAMENTO DE DESLIZAMENTO DE SOLOS

DOI: 10.19177/rgsa.v7e02018508-524

Júlio Cesar Leão <sup>1</sup>

Paulo Henrique de Souza <sup>2</sup>



2º Seminário  
Internacional de  
**PROTEÇÃO E  
DEFESA CIVIL**

### RESUMO

A Região do Vale do Itajaí está submetida a processos naturais de denudação que dadas às condições climáticas, geológicas, geomorfológicas e de uso da terra, se constitui em área de alto risco de ocorrência de desastres naturais e essa condição combinada a concentração relativamente alta de pessoas no meio urbano, a ocupação ilegal das encostas e as políticas públicas adotadas pelos municípios, contribuem para o agravamento dos desastres naturais como deslizamentos de terra. Em meio a este contexto, o presente trabalho tinha por objetivo implantar um sistema piloto para monitoramento de movimentos do solo utilizando acelerômetros eletrônicos. O sistema instalado é constituído por dois acelerômetros, que medem o movimento do solo em três direções e um datalogger, que trata, registra e transmite os dados. Os acelerômetros foram montados sobre hastes, sendo que uma haste foi disposta na região basal e a outra na região intermediária da encosta. A região amostral localiza-se no morro da Cruz em Itajaí (SC) e os dados analisados correspondem ao período entre os dias 29 de outubro e 29 de novembro de 2016. Neste período foram coletados cerca 5,4 milhões de registros por sensor e estes juntamente com os dados de precipitação foram normalizados e correlacionados entre si. Após a correlação dos dados, verificou-se um comportamento distinto entre as duas regiões, sendo que na porção intermediária o movimento do solo ocorreu simultaneamente com a precipitação, enquanto que na região basal, registrou-se movimentos entre cinco e dez horas após o pico da precipitação.

**Palavras-chave:** Movimentos do solo. Monitoramento de encostas. Telemetria. Acelerômetros eletrônicos.

---

<sup>1</sup>Msc. Eng Ambiental, Eng Agrônomo pela Universidade do Estado de Santa Catarina, professor dos cursos do Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar – CTTMar da UNIVALI. E-mail: julio.leao@univali.br

<sup>2</sup>Engenheiro Industrial Mecânico pela Universidade do Vale do Itajaí. E-mail: paulohenriquesouza3@gmail.com

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. esp p. 508-524, jun. 2018.

## 1 INTRODUÇÃO

A colonização do Vale do Itajaí teve início no século XIX com a vinda dos imigrantes alemães que se estabeleceram ao longo dos rios Itajaí-Açu e Itajaí Mirim (GARCIA; ROSEGHINI; ASCHIDAMINI, 2011). Em 1850 ocorreu a fundação da Colônia Blumenau e na década seguinte, em 1860, foi criada a colônia onde hoje está Brusque. Em 1907 se deu início a construção da estrada de ferro que ligaria estas colônias a Rio do Sul (CORRÊA; PEREIRA, 2009).

As atividades econômicas da região eram predominantemente agrícolas, porém após a primeira década do século XX, teve início o desenvolvimento industrial e desde então, a região passou a experimentar um crescimento econômico e populacional (CORRÊA; PEREIRA, 2009). Com o crescimento econômico e o significativo aumento populacional, a região também enfrentou problemas de ordem urbana (GARCIA; ROSEGHINI; ASCHIDAMINI, 2011).

Atualmente a Mesorregião do Vale do Itajaí contempla 53 municípios agrupados em quatro microrregiões: Blumenau; Itajaí; Rio do Sul; e Ituporanga. A região possui uma rede urbana organizada em três sub redes polarizadas por: Rio do Sul; Blumenau; e Itajaí. Sendo que a cidade de Blumenau é a centralizadora da rede (CORRÊA; PEREIRA, 2009). De acordo com o IBGE, em 2010 o número de habitantes do Vale do Itajaí era de 807.961, sendo que deste total, 657.849 viviam no meio urbano (SEBRAE/SC, 2013).

Historicamente a região sempre foi acompanhada por períodos de inundação, já que as principais cidades foram estabelecidas às margens dos rios que cortam o Vale do Itajaí (GARCIA; ROSEGHINI; ASCHIDAMINI, 2011). Porém nas décadas de 1970, 1980, 1990 e 2000 a Defesa Civil do Estado de Santa Catarina registrou os maiores desastres naturais, sendo que, os eventos ocorridos entre novembro de 2008 e janeiro de 2009 são os piores já registrados (FURTADO, 2015).

Em 1990 um deslizamento no bairro Garcia atingiu 1.310 casas, ferindo 754 e matando 21 pessoas, além de um prejuízo financeiro ao município de 12,5 milhões de dólares. Em 2008, após três meses de chuvas interruptas, sendo três dias de chuvas torrenciais, Blumenau registrou mais de 20 mil desabrigados e 84 mortos (CORRÊA; PEREIRA, 2009). De acordo com o Corpo de Bombeiros Militar, somente em Blumenau foram registrados três mil deslizamentos de terra. Em relação ao

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. esp p. 508-524, jun. 2018.

estado de Santa Catarina, os eventos de 2008 atingiram 1,5 milhões de pessoas, deixando 135 mortes e um prejuízo financeiro de 4,75 bilhões de reais, distribuídos nos setores de infraestrutura, social e produtivo (FURTADO, 2015).

A Região do Vale do Itajaí está submetida a processos naturais de denudação que dadas as condições climáticas, geológicas, geomorfológicas e de uso da terra, se constitui em área de alto risco de ocorrência de desastres naturais (DIAS, 2010). Além disto, a concentração relativamente alta de pessoas no meio urbano, a ocupação ilegal das encostas e as políticas públicas adotadas pelos municípios, contribuem para o agravamento dos desastres naturais (CORRÊA; PEREIRA, 2009).

Apesar de vários programas para conter as inundações e a reorganização urbana, ao longo dos anos, muitos dos desabrigados em enchentes passaram a ocupar áreas de risco, culminando num desastre ainda maior em 2008 (GARCIA; ROSEGHINI; ASCHIDAMINI, 2011). Estes novos eventos demonstraram a vulnerabilidade dos centros urbanos aos extremos de precipitação, indicando a urgência de investimentos e melhorias na infraestrutura, nos sistemas de monitoramento, de tratamento e disseminação da informação, e na atualização da infraestrutura e das pesquisas associadas ao desenvolvimento de softwares de previsão numérica do clima (DIAS, 2010).

Um projeto do Governo Federal, chamado de Monitoramento dos Morros para Prevenção de Deslizamentos, contemplou nove cidades brasileiras com um sistema de monitoramento de encostas. No estado de Santa Catarina, Blumenau foi a única cidade a receber o sistema de monitoramento. O sistema utiliza uma Estação Total Robotizada (ETR) para transmitir sinais infravermelhos a 100 prismas de reflexão fixados na encosta do morro. Se houver movimentação do solo, o sinal infravermelho emitido pela ETR não será refratado pelo prisma, indicando ao sistema que houve movimentação. Os dados coletados são enviados via SMS ao Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), que é responsável pelos alertas (CÉSAR, 2015).

Outros sistemas capazes de medir o deslocamento do solo também vêm sendo testados ou comercializados. A DGSI (2015) desenvolve instrumentação geotécnica para medição de pressão, inclinação e deslocamento de barragens. A empresa comercializa um sensor baseado em um potenciômetro, que é capaz de medir os deslocamentos horizontais do solo.

Outro sistema, ainda em fase de testes, chamado de Avaliação de Deslizamento usando um Sistema de Monitoramento Acústico em Tempo Real – *Assessment of Landslides using Acoustic Real-time Monitoring Systems*, que mede sons de alta frequência, na faixa de 20 kHz à 30 kHz, os quais estão relacionados aos movimentos do solo (HARRIS, 2010).

Em meio a este contexto, o presente trabalho tinha por objetivo implantar um sistema de monitoramento piloto para medir os movimentos do solo em três direções (eixos coordenados x, y e z) utilizando acelerômetros eletrônicos e posteriormente analisar os dados registrados a fim de se identificar padrões de movimentação do solo.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este projeto visa o estudo de movimentos em taludes ocasionados por precipitações pluviométricas e foi dividido em três etapas:

Na primeira foi realizada a seleção do sensor mais adequado para o sistema de monitoramento, dentre os acelerômetros disponíveis para o projeto. Também foi determinado o tipo de interface a mais apropriada para transmitir os movimentos do solo aos acelerômetros.

A segunda etapa pode ser descrita como a etapa de execução do projeto, onde é realizada a implantação do sistema de monitoramento em campo e também a montagem do *datalogger*, que foi produzido especificamente para este projeto e é responsável pelo registro e a transmissão dos dados de movimentação.

Na etapa final foram realizados testes de validação com o sistema de monitoramento e a análise dos dados obtidos ao fim do primeiro mês de operação do sistema, caracterizando esta etapa como uma etapa de procedimento experimental. Assim, foram observados quais fatores podem influenciar as medições e também quais são características dos dados coletados pelo sistema de monitoramento.

Para a escolha dos acelerômetros foram testados três modelos de sensores, um analógico e dois digitais (sensores com conversores A/D<sup>3</sup> internos). Os sensores

---

<sup>3</sup>Um conversor A/D transforma um sinal analógico, contínuo no tempo, num sinal amostrado, discreto no tempo, quantizado dentro de um número finito de valores inteiros, determinado pela resolução característica do conversor em bits” (PUHLMANN, 2015).

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. esp p. 508-524, jun. 2018.

digitais ADXL345 (da *Analog Device*) e o MPU6050 (da *Inven Sense*) transmitem os dados via protocolo *I<sup>2</sup>C*<sup>4</sup>. Já o sensor analógico ADXL335 (da *Analog Device*) varia a tensão nas suas três saídas (onde cada saída corresponde a um eixo de movimentação) de maneira proporcional ao movimento sofrido.

Os sensores digitais analisados na primeira etapa deste projeto apresentam diversos recursos já embarcados, como por exemplo, filtro de dados, fila de envio, configuração do conversor A/D e transmissão via *I<sup>2</sup>C* e estes recursos tornam a aquisição de dados mais confiáveis em relação ao emprego de sensores analógicos. Porém o protocolo *I<sup>2</sup>C* opera com sinais de baixa potência e em frequências relativamente elevadas, que vão de 100 kHz (em modo normal de operação) a 400 kHz (em modo rápido de operação), além disso, este protocolo opera com limiares de resistência e capacitância relativamente baixos e todas estas características impedem o uso de cabos com mais de metro de comprimento, limitando a distância entre os sensores digitais e o *datalogger* (*I<sup>2</sup>C-BUS*, 2018).

Para operar com este protocolo a distâncias maiores, faz-se necessário empregar repetidores de sinais em ambas as extremidades do cabo (ARORA; LE, 2015). Outra opção seria associar um micro controlador a cada sensor instalado, para que os dados sejam transmitidos de outra maneira até o *datalogger*. Porém estas opções elevariam o número de componentes e conseqüentemente os custos de implantação do projeto.

Deste modo, optou-se pelo sensor analógico, que combinado a um cabo de par trançado *UTP* de categoria cinco<sup>5</sup>, pode transmitir os dados por distâncias superiores a um metro. Para reduzir o ruído ainda presente nesta configuração, foi implementado no micro controlador do *datalogger*, um filtro digital<sup>6</sup> com média móvel<sup>7</sup>, que é uma solução comum na filtragem de sinais analógicos.

---

<sup>4</sup> É um protocolo de comunicação digital criado pela Philips na década de 1980 e atualmente é utilizado pela maioria dos fabricantes de Circuitos Integrados. Serve para comunicar até 128 componentes (teoricamente) na forma de mestre e escravo com apenas dois barramentos (*I<sup>2</sup>C-BUS*, 2018).

<sup>5</sup> Trata-se do cabo de rede padrão. Por ser um cabo de par trançado, ele é capaz de cancelar interferências eletromagnéticas.

<sup>6</sup> Filtro digital empregado no processamento digital de sinais. Este tipo de filtro utiliza um processador ou microcontrolador para amostrar e filtrar um sinal (EMBARCADOS, 2015).

<sup>7</sup> Na média móvel calcula-se a média de uma amostra e sempre que um novo valor é amostrado o valor mais antigo é excluído.

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. esp p. 508-524, jun. 2018.

Após estabelecer o comprimento dos cabos, foram realizados testes em que o número de amostras do filtro era variado até se obter uma resposta satisfatória. O sistema implantado em campo emprega cabos com quatro e seis metros de comprimento e um filtro digital tipo média móvel, configurado para 20 amostras.

A interface entre os acelerômetros e o solo é realizada por hastes metálicas. Os sensores são montados no topo de perfis retangulares de alumínio de 50,8x 25,4mm enterrados até a meia altura, cerca de 1000 mm de profundidade, conforme Figura 1a. O uso de hastes permite atingir profundidades relativamente maiores que outras configurações e quando instaladas verticalmente no solo estão susceptíveis a receber a maior parte dos vários tipos de movimentos de massa<sup>8</sup>.

Figura 1 – Instalação em Campo: (a) Sensor da Região Basal; (b) Par de Sensores Instalado.



(a)



(b)

Optou-se por hastes de alumínio por terem rigidez e massa específica menores que os seus equivalentes em aço, elevando conseqüentemente, a

---

<sup>8</sup> O movimento de massa pode ser definido como um movimento coletivo de solo ou rocha. Estes movimentos são afetados pela declividade da encosta, sendo a água um dos principais agentes do processo (BV-AMBIENTE, 2016).

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. esp p. 508-524, jun. 2018.

transmissibilidade<sup>9</sup> entre a fonte excitadora, neste caso o solo, e o acelerômetro. Além disso, em relação outras formas, o perfil retangular apresenta uma área projetada maior, aumentando a área de contato com o solo.

Por se tratar de um projeto piloto, o *datalogger* foi implementado na plataforma de prototipação Arduino<sup>10</sup>Mega, baseado no micro controlador AT mega 1280 (da Atmel). Neste são conectados os módulos periféricos para armazenamento em cartão de memória (módulo SD Card 11), fornecimento de data e hora (módulo RTC12 baseado no DS1307), e transmissão de dados por rádio frequência (módulo de rádio frequência baseado no APC220). O datalogger é alimentado por uma fonte chaveada bivolt que fornece 12 V e 24 W. A montagem do datalogger pode ser observada na Figura 2.



Figura 2 – Montagem do *Datalogger*.

O datalogger foi alojado em um gabinete utilizado em equipamentos para o monitoramento do clima. O qual oferece uma proteção contra as intempéries e

---

<sup>9</sup> A transmissibilidade é dada pela relação entre a força transmitida e a força excitante ou pela relação entre a amplitude transmitida e a amplitude excitante (SETO; BOLIVAR, 1970).

<sup>10</sup> Arduino é uma plataforma de prototipação de sistemas embarcados de *open source*(código aberto) baseada em microcontroladores ATmega de 8-bit (TREVANNOR, 2012).

<sup>11</sup>SD Card – *Secure Digital Card* (Cartão Digital Seguro, em tradução livre) é a mais popular forma de armazenamento em memória flash.

<sup>12</sup>RTC – *Real Time Clock* (Relógio de Tempo Real, em tradução livre).

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. esp p. 508-524, jun. 2018.

mantém os cabos e os componentes eletrônicos organizados. Os acelerômetros foram encapsulados em caixas plásticas com fechamento por encaixe. As aberturas da caixa foram vedadas com silicone, para evitar a entrada de umidade.

A região amostral localiza-se no morro da Cruz, contido no setor E2 do campus de Itajaí da UNIVALI e foi escolhida por ser vulnerável a movimentos do solo, acessível e dispor de energia elétrica. Este local trata-se de um fragmento de mata atlântica, ombrófila densa, no perímetro urbano, numa morraria com inclinações médias acima de 45° e com excelente cobertura vegetal de mata nativa. O solo predominante é um argilossolo vermelho amarelo, com porosidade variando em 1,2 a 1,6 g/cm<sup>3</sup>, com porosidade variando entre 40 e 50 %.

As hastes foram instaladas num local com pouca vegetação, onde já foram constatados movimentos de solo. Para isso, foram escavadas covas com aproximadamente 1000 mm de profundidade e 200 mm de diâmetro, utilizando um trado manual. A cova recebeu a haste e o preenchimento com solo compactado. Este procedimento foi realizado com as duas hastes, sendo que uma das hastes foi disposta na região basal e a outra na região intermediária da encosta. Conforme apresentado na Figura 1b.

O gabinete com o *datalogger* foi instalado na parede exterior do prédio no setor E2 e os cabos de par trançado foram tensionados desde o gabinete até às árvores próximas as hastes e a partir das árvores, os sensores foram levados até as hastes, dessa forma, o acelerômetro foi isolado de qualquer movimento nos cabos. Esta montagem pode ser observada também na Figura 1a.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Para apresentar os padrões de movimentação do solo foi selecionado o mês de novembro de 2016, no qual ocorreram dez dias de precipitações pluviométricas,

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. esp p. 508-524, jun. 2018.

sendo que desses, nos dias: 16 e 28 as precipitações foram mais intensas, com um volume de chuva de 41,6 e 37,3 mm, respectivamente (Tabela 1). Estão apresentados os resultados de sinais do sensor basal (Sb) e do sensor intermediário (Si) para os eixos: x ao longo do talude; y transversal ao talude e z na vertical.

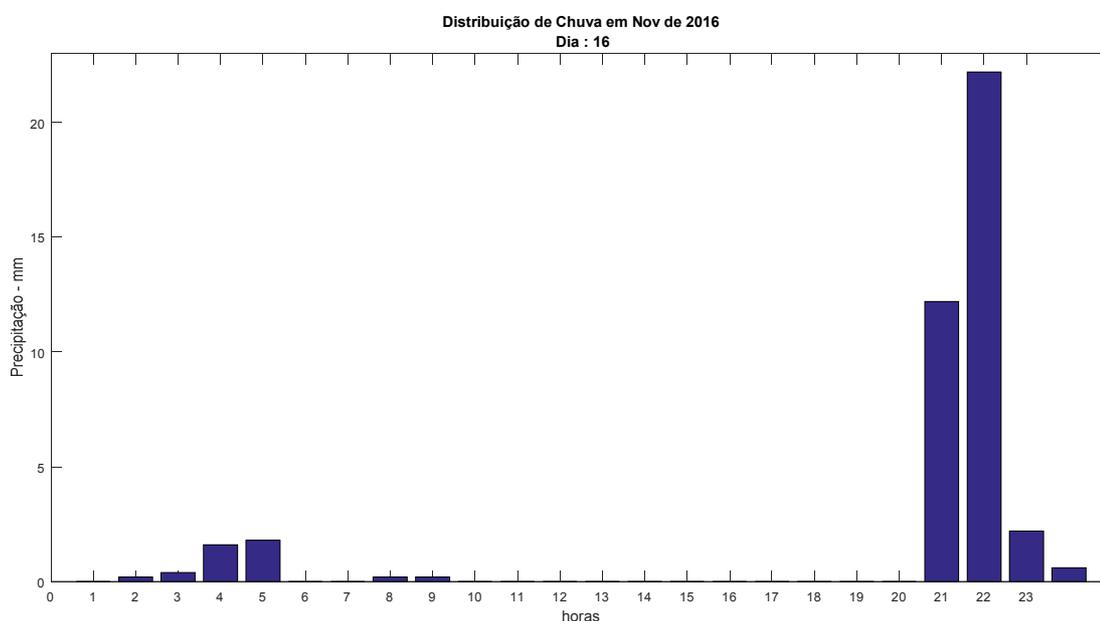
Tabela 01 – Dias de chuva e os volumes diários, durante o mês de novembro de 2016.

Dia	Precipitação (mm)
9	10,6
10	3,0
15	6,4
16	41,6
17	10,8
18	12,2
26	2,2
27	1,6
28	37,2
29	19,0

A Figura 3 apresenta a distribuição da chuva durante o dia 16 de novembro, pode se observar precipitações durante a madrugada e a manhã do dia 16. Após as 21h foram registradas chuvas mais intensas e com praticamente 4h de duração. Neste período precipitaram 37,2 com um pico às 22h.

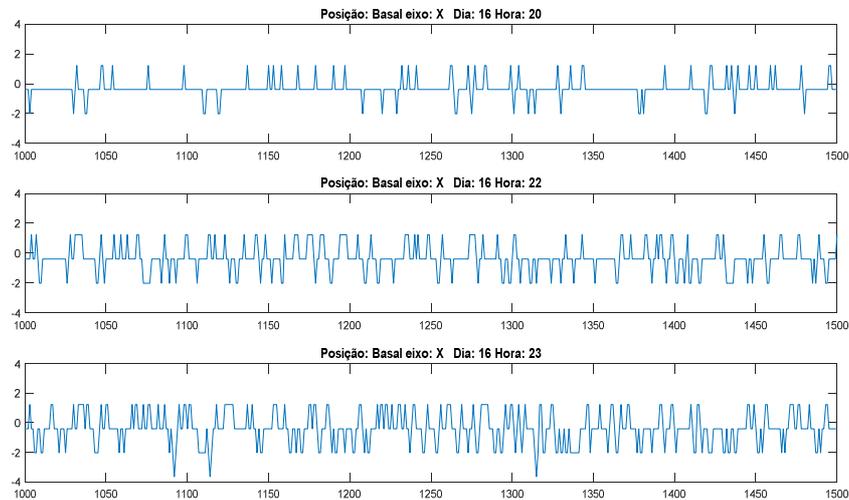
A Figura 4 apresenta os dados normalizados de em relação ao eixo x de movimentação (longitudinal) de Sb. Pode se verificar variações nas frequências dos dados, durante e após a chuva. Embora todas estejam entre -2 e 2 desvios padrões, percebe-se nitidamente que antes da chuva as vibrações possuem uma menor frequência que durante e imediatamente após a chuva.

Figura 3 – Distribuição da precipitação pluviométrica durante o dia 28 de novembro



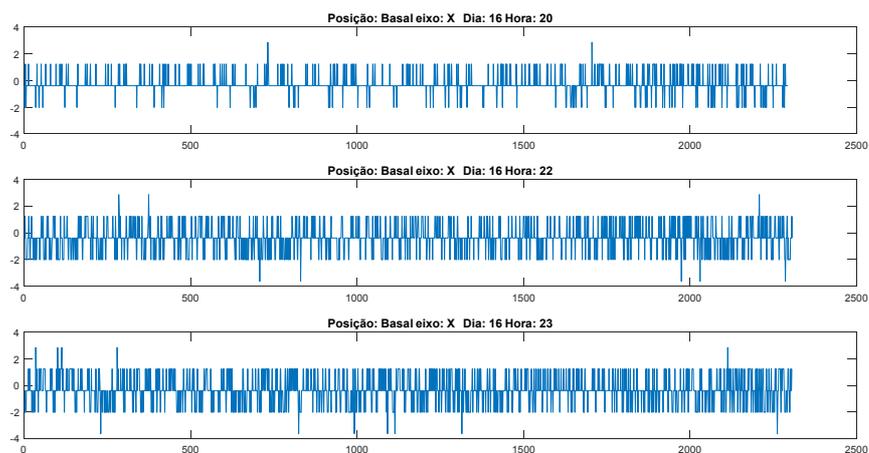
de 2016.

Figura4 – Comportamento da vibração do solo na região basal durante as 20h, 22h e 23h do dia 16 de novembro.



A Figura 5 apresenta um gráfico com um número menor de dados, evidenciando ainda mais a variação de frequência. Outra constatação a ser feita diz respeito a mudança de amplitude do sinal, já que a série de dados não esboçou variações de amplitude significativas no eixo de movimentação analisado.

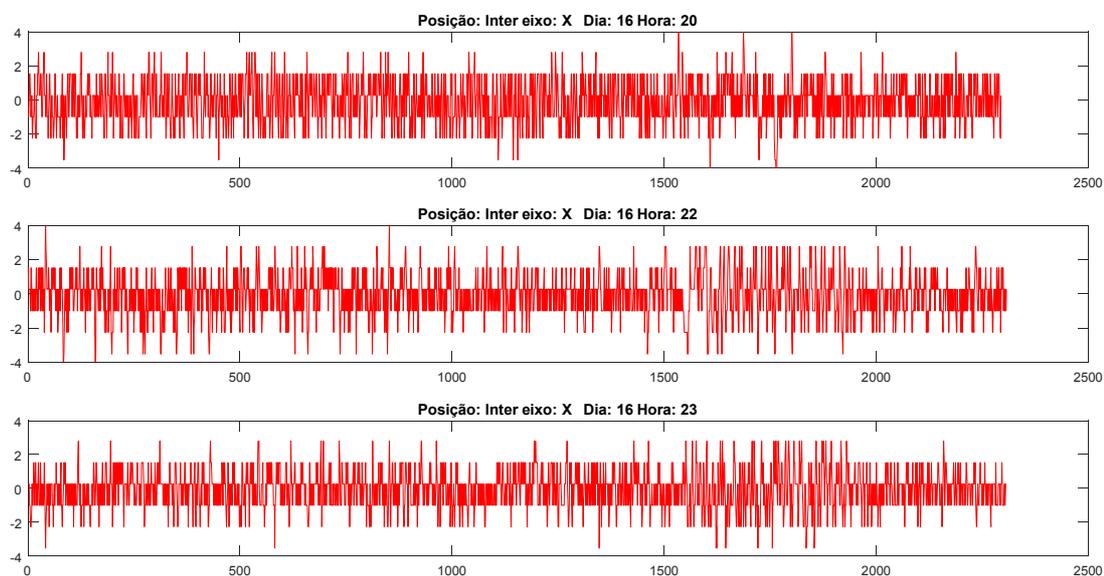
Figura 5 – Detalhe de 1500 dados na região basal, antes, durante e a após a chuva no dia 16 de novembro.



A Figura 6 apresenta os dados normalizados de Si também em relação ao eixo x de movimentação (longitudinal). Pode-se verificar um comportamento

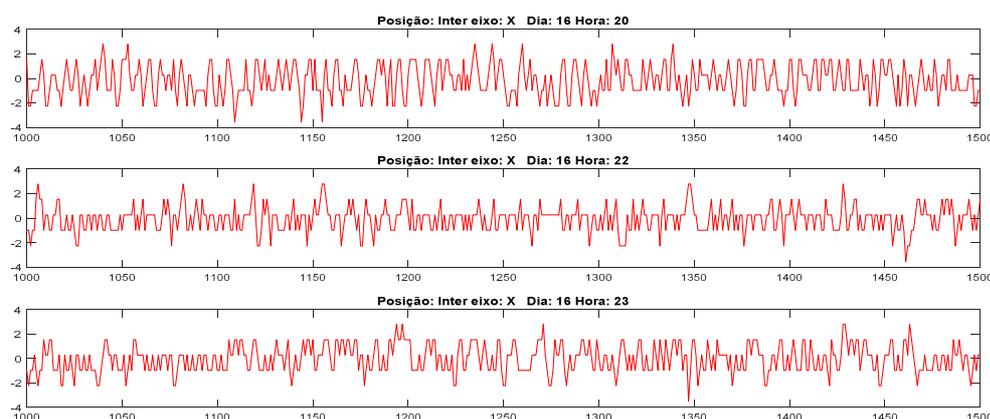
relativamente mais intenso, tanto com variações de amplitude quanto de frequência dos dados, durante e após a chuva.

Figura 6 – Comportamento da vibração do solo na região intermediária durante as 20h, 22h e 23h do dia 16 de novembro



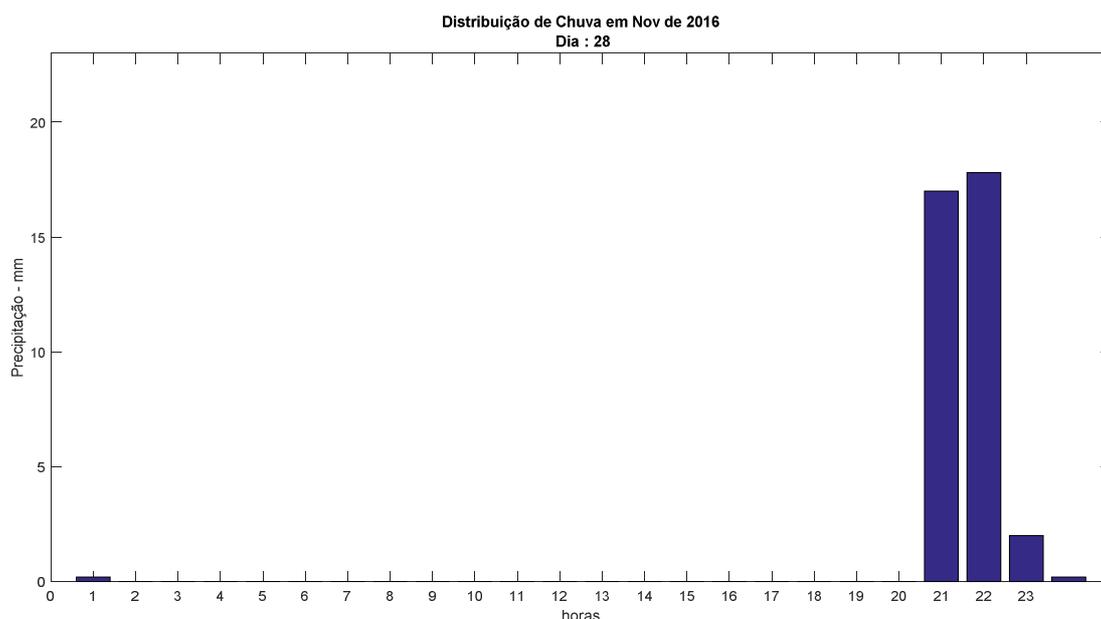
A Figura 7 torna ainda mais evidente o comportamento distinto de Si em relação à Sb, considerando o eixo x de movimentação. Percebe-se uma variação significativa na amplitude dos dados, indicando que houve um movimento da haste na direção analisada. Além disso, constatou-se que Sb teve variações entre -2 e +2 desvios padrões, enquanto em Si estas variações foram maiores, ficando entre -4 e +4 desvios padrões. Portanto, nesse caso o sensor intermediário se mostrou mais sensível, possivelmente em função da sua posição relativa no talude.

Figura 7 – Detalhe de 1500 dados na região intermediária, antes, durante e a após a chuva no dia 16 de novembro.



Pode-se observar na Figura 8, que no dia 28 de novembro a distribuição da chuva foi semelhante a chuva ocorrida no dia 16 de novembro, com horários muito semelhantes e com um pico de precipitação cerca das 22h, tornando adequada a comparação entre esses dois eventos.

Figura 8 – Distribuição da precipitação pluviométrica durante o dia 28 de novembro de 2016



Nas Figuras 10 e 12 pode-se verificar que o comportamento dos sinais foram os mesmos que no dia 16, evidenciando que o sensor localizado na parte intermediária registrou amplitudes e frequências mais elevadas do que o sensor da região basal. Pode-se concluir que a razão desta distinção entre os sensores está relacionada a posição de cada um em relação ao talude, reforçando a importância do posicionamento e da distribuição dos sensores, já que algumas das razões que explicam o comportamento Sb são o rebaixamento do lençol freático e sua proximidade de edificações.

Figura 9 – Comportamento da vibração do solo na região basal durante as 20h, 22h e 23h do dia 28 de novembro

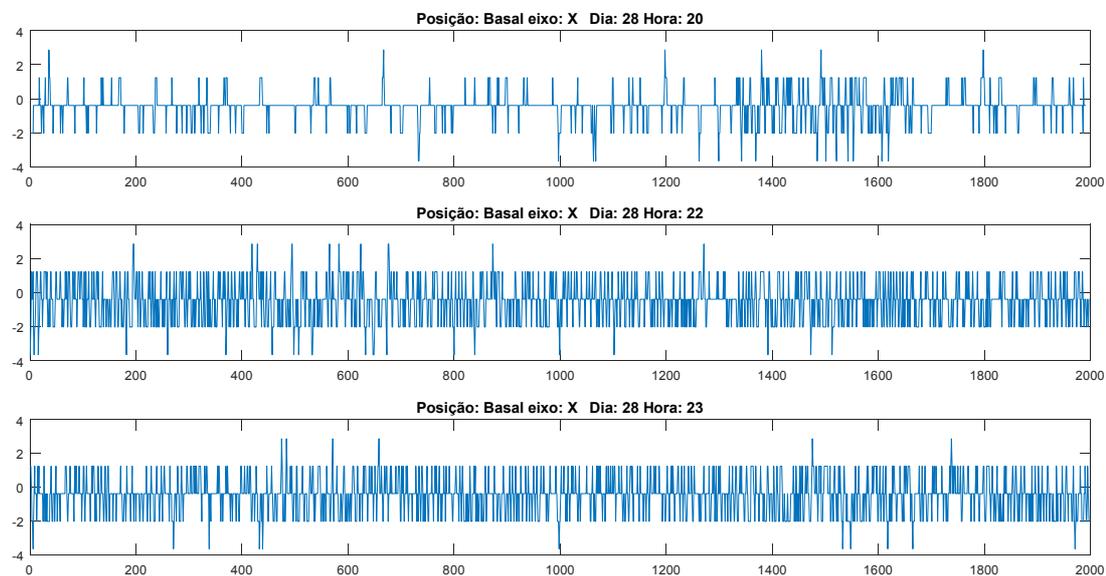


Figura 10 – Detalhe de 1500 dados na região basal, antes, durante e a após a chuva no dia 28 de novembro.

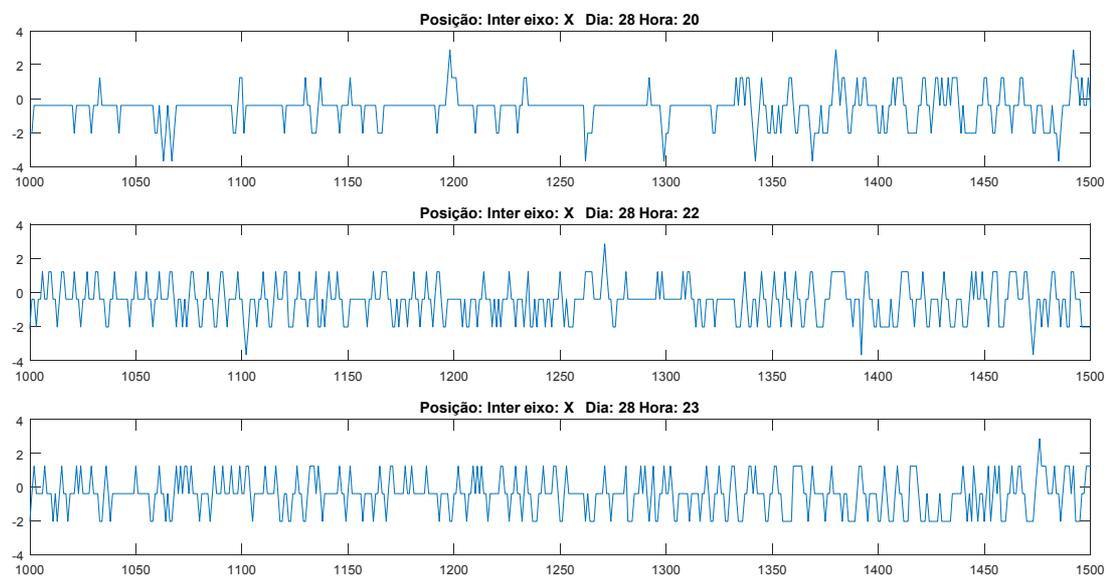


Figura 11 – Comportamento da vibração do solo na região intermediária durante as 20h, 22h e 23h do dia 28 de novembro

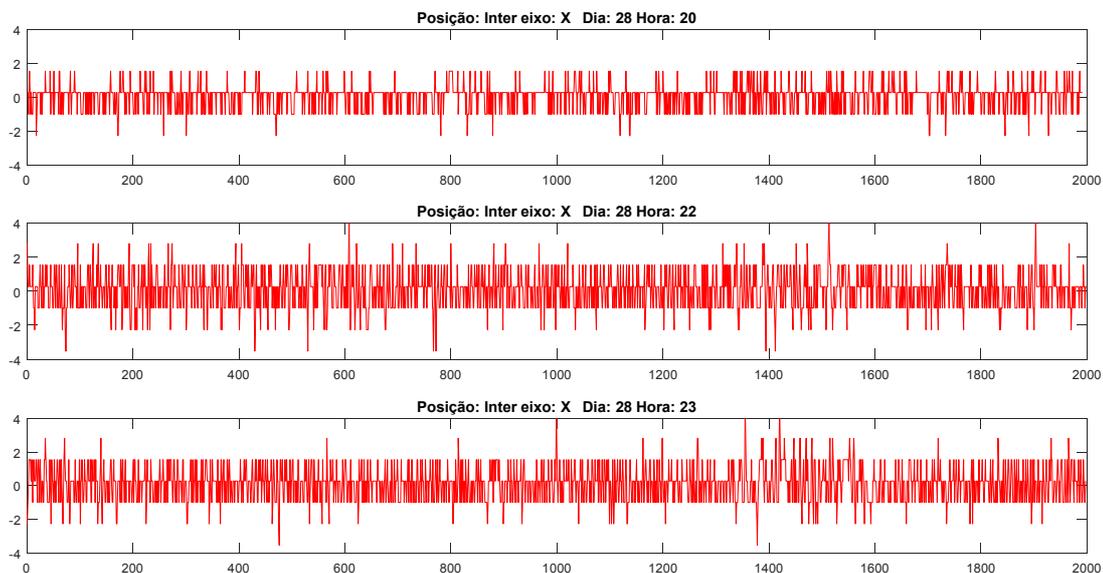
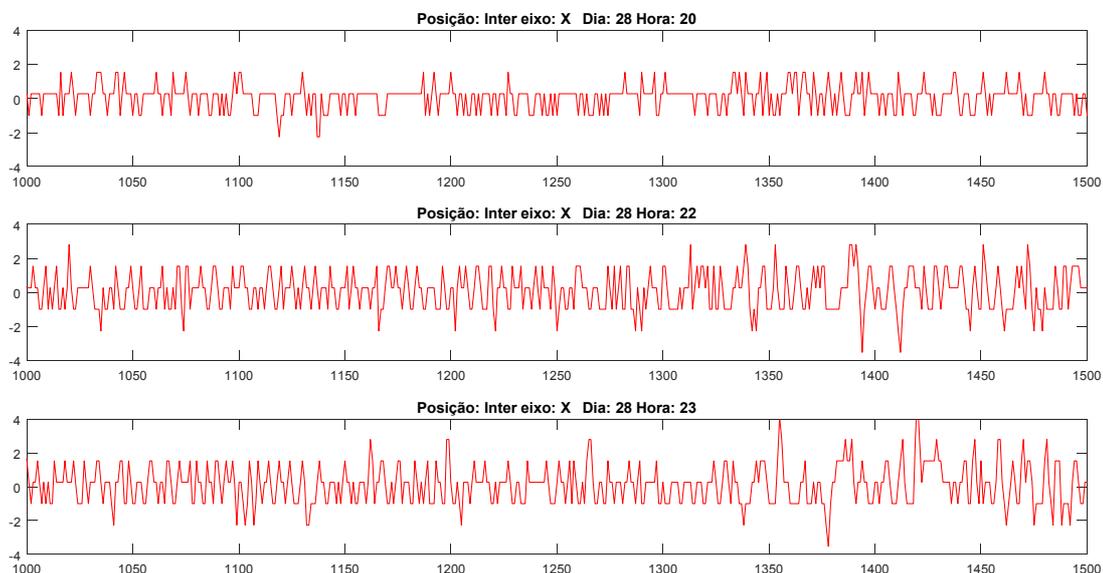


Figura 7 – Detalhe de 1500 dados na região intermediária, antes, durante e a após a chuva no dia 28 de novembro.



## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para apresentar os padrões de movimentação do solo foi selecionado o mês de novembro de 2016, no qual ocorreram dez dias de precipitações pluviométricas, sendo que desses, nos dias: 16 e 28 as precipitações foram mais intensas, e proporcionaram sinais mais intensos e com altas frequências. Estão apresentados os resultados de sinais do sensor basal (Sb) e do sensor intermediário (Si) para os eixos: x ao longo do talude; y transversal ao talude e z na vertical.

Pôde-se observa que no caso dos dois eventos pluviométricos que o comportamento dos sinais foi semelhante, ou seja, a vibrações foram mais intensas durante e no final das chuvas, mostrando assim, que o sensor de aceleração apresenta boas condições para monitorar os movimentos nos maciços de solos.

## INTELLIGENT SYSTEM FOR LANDSLIDE MONITORING

### ABSTRACT

The Itajaí Valley Region is subject to natural erosion processes and given the climatic, geological, geological, geomorphological and land use conditions, it is a high risk area for occurrence of natural disasters and this combined to relatively high people concentration in urban zone, illegal occupation of slopes and public policies adopted by municipalities, contribute to the aggravation of natural disasters such as landslides. In this context, the objective this project was to implement a pilot system for monitoring soil movements using electronic accelerometers. The installed system consists of two accelerometers, which measure the movement of the ground in three directions and a datalogger, which treats, registers and transmits the data. The accelerometers were mounted on rods, one rod was arranged in the basal region and the other in the intermediate region of the slope. The sampling region is located on the hill of Cruz in Itajaí (SC) and the data analyzed correspond to the period between October 29 and November 29, 2016. In this period, about 5.4 million records were collected per sensor and these together with the precipitation data were normalized and each other correlated. After data correlation, was verified a distinct behavior between the two regions. In the intermediate portion the soil movement occurred simultaneously with the precipitation, whereas the basal region was verified movements between five and ten hours after the peak of the precipitation.

**Keywords:** Soil movements. Slopes monitoring. Telemetry. Electronic accelerometers.

## REFERÊNCIAS

ARORA, Rajan; LE, Jim. **Maximum Clock Frequency of I2C Bus Using Repeaters**. Dallas: Texas Instruments Incorporated, 2015. 7 p. Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/an/slva695/slva695.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2018.

BV-AMBIENTE. **Movimentos de Massa**. Disponível em: <[http://www.bvambientebf.uerj.br/arquivos/movimentos\\_de\\_massa.htm](http://www.bvambientebf.uerj.br/arquivos/movimentos_de_massa.htm)>. Acesso em: 11 dez. 2016.

CÉSAR, Joni. **Blumenau Recebe Sistema de Monitoramento de Deslizamentos**. 2015. Disponível em: <<http://www.blumenau.sc.gov.br/secretarias/secretaria-de-defesa-do-cidadao/sedeci/sistema-de-monitoramento-comeca-a-ser-instalado-na-segunda-feira25>>. Acesso em: 05 out. 2016.

CORRÊA, Carla Eunice Gomes; PEREIRA, Tatiane Viega Vargas. **Gestão Urbana e Regional no Vale do Itajaí: O Caso de Blumenau**. 2009. Disponível em: <[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:9jhCw99GULAJ:www.apc.unesc.net/III%20EEC/sesoes\\_tematicas/Desenvolvimento/Artigo%2018.doc+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:9jhCw99GULAJ:www.apc.unesc.net/III%20EEC/sesoes_tematicas/Desenvolvimento/Artigo%2018.doc+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br)>. Acesso em: 05 out. 2016.

DIAS, Maria Assunção F. Silva (Ed.). **As chuvas de novembro de 2008 em Santa Catarina: Um Estudo de Caso Visando à Melhoria do Monitoramento e da Previsão de Eventos Extremos**. [s.i.]: [s.i.], 2010. 67 p. Disponível em: <[http://www.ciram.com.br/ciram\\_arquivos/arquivos/gtc/downloads/NotaTecnica\\_SC.pdf](http://www.ciram.com.br/ciram_arquivos/arquivos/gtc/downloads/NotaTecnica_SC.pdf)>. Acesso em: 05 out. 2016.

DGSI. **SoilStrainmeter**. 2015. Disponível em: <<http://www.slopeindicator.com/instruments/soilstrainmeter.php>>. Acesso em: 05 out. 2016.

EMBARCADOS. **Filtros Digitais**. 2015. Disponível em: <<http://www.embarcados.com.br/filtros-digitais/>>. Acesso em: 25 out. 2016.

FURTADO, Janaína Rocha. **2008 – Deslizamentos e Inundações Bruscas no Vale do Itajaí e Regiões de Santa Catarina**. 2015. Disponível em: <<http://www.ceped.ufsc.br/2008-deslizamentos-e-inundacoes-no-vale-do-itajai-em-santa-catarina/>>. Acesso em: 05 out. 2016.

GARCIA, Cláudia Moreira; ROSEGHINI, Wilson Flávio Feltrim; ASCHIDAMINI, Ione Maria. **Environmental management planning - considerations about the events occurring in Santa Catarina - Brazil in November 2008**. Procedia - Social And Behavioral Sciences, [s.l.], v. 19, p.487-493, 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.05.159>. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042811012742>>. Acesso em: 5 out. 2016.

HARRIS, Stephen. **Landslide Detector Wins Enterprise Award**.2010. Disponível em: <<https://www.theengineer.co.uk/issues/18-october-2010/landslide-detector-wins-enterprise-award/>>. Acesso em: 05 out. 2016.

I2C-BUS. **I2C: What's That?**.Disponível em: <<http://www.i2c-bus.org/i2c-bus/>>. Acesso em: 25 out. 2016.

PUHLMANN, Henrique. **Trazendo o Mundo Real para Dentro do Processador: Conversor A/D**. 2015. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/conversor-a-d/>>. Acesso em: 19 abr. 2018.

SEBRAE/SC. **Santa Catarina em Números: Macrorregião Vale do Itajaí**. Florianópolis: [s.i.], 2013. 140 p. Disponível em: <[http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal\\_Sebrae/Anexos/Macrorregiao - Vale do Itajai.pdf](http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal_Sebrae/Anexos/Macrorregiao_-_Vale_do_Itajai.pdf)>. Acesso em: 05 out. 2016.

SETO, William W.; BOLIVAR, Guillermo Sánchez. **Teoría y Problemas de Vibraciones Mecánicas**.Bogotá: Mcgraw-hillInteramericana, 1970. 199 p.

TREVENNOR, Alan. **Practical AVR Microcontrollers: Games, Gadgets, and Home Automation with the Microcontroller Used in Arduino**. New York: Spring, 2012.