



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

## **Análise do Comportamento Hidrológico em área de escorregamentos na vertente do bairro Venda da Cruz, São Gonçalo - RJ**

Wellington Marins Coutinho Firmino <sup>(a)</sup>, Ana Valéria Freire Allemão Bertolino <sup>(b)</sup>, Luiz Carlos Bertolino <sup>(c)</sup>, Bruno Lopes Costa <sup>(d)</sup>

<sup>(a)</sup> Departamento de Geografia/Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, [wellingtoncoutinho@gmail.com](mailto:wellingtoncoutinho@gmail.com)

<sup>(b)</sup> Departamento de Geografia/Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, [anabertolino@uol.com.br](mailto:anabertolino@uol.com.br)

<sup>(c)</sup> Departamento de Geografia/Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, [lcbertolino@uol.com.br](mailto:lcbertolino@uol.com.br)

<sup>(d)</sup> Departamento de Geografia/Faculdade, Universidade Federal Fluminense, [brunolopescosta@gmail.com](mailto:brunolopescosta@gmail.com)

### **Eixo: Riscos e desastres naturais**

#### **Resumo**

Os movimentos de massa são fenômenos contínuos e que ocorrem de forma natural, e tem sido foco em muitos estudos recentes. O estudo foi desenvolvido no município de São Gonçalo (RJ) no bairro de Venda Cruz. Foram utilizados dados obtidos no INPE, além de blocos de matriz granular e piezômetro para avaliar o comportamento hidrológico da encosta. E constatamos que a partir dos dados do INPE e os obtidos através do GMS e piezômetro, os períodos de maior ocorrência de incêndios são os períodos de maior dificuldade de infiltração de água no solo em nossa área de estudo.

**Palavras chave:** Geomorfologia, Pedologia, Movimentos de Massa, Incêndios

### **1. Introdução**

Movimentos de massa, ou movimentos coletivos de solo e de rochas, tem sido objeto de amplos estudos nas mais diversas latitudes, não apenas por sua importância como agentes atuantes na evolução das formas de relevo, mas também em função de suas implicações práticas e de sua importância do ponto de vista econômico. Segundo Sidle (1985), além de contribuir para o conhecimento da evolução das formas de relevo, o estudo detalhado dessas feições e suas transformações podem contribuir para minimizar os danos causados à sociedade.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Fernandes (1996) destaca que os deslizamentos são fenômenos naturais contínuos assim como os processos de intemperismo e erosão, mas que tem seu destaque principalmente quando existe a presença antrópica.

Apesar do movimento de massa ser um fenômeno natural, muitas vezes, tem acelerado seu processo de desencadeamento por intervenção antrópica. Referente a esta, pode-se citar inúmeros modos desta intervenção, mas agora podem ser explicitadas as ocupações irregulares de encostas, retirada da vegetação através da queima, manejo incorreto do solo, incêndios, entre outros.

Os movimentos de massa podem ser caracterizados de quatro formas: corridas (flows), escorregamentos (slides), queda de blocos (rock falls) e rastejamentos (creep), aqui queremos destacar os escorregamentos que são movimentos rápidos e de curta duração, possuem um plano de ruptura bem definido, onde é possível fazer a distinção entre o material deslizado e o não movimentado. Os planos de ruptura são subdivididos entre rotacionais e translacionais.

Os movimentos rotacionais possuem uma superfície de ruptura curva, côncava para cima, no qual se dá um movimento rotacional da massa do solo. Esses movimentos são favorecidos na existência de solos espessos e homogêneos.

Os movimentos translacionais possuem uma superfície de ruptura planar que acompanham as discontinuidades mecânicas e/ou hidrológicas no interior do material, são geralmente compridos e rasos, onde o plano de ruptura encontra-se em geral em profundidades que variam entre 0,5 e 5m (FERNANDES, 1996).

Segundo Ferreira *et al.* (2010) *apud* Nogueira (2014), as alterações no solo causadas pelo fogo são complexas, visto que uma gama de mecanismos que interagem entre si. Essas transformações podem ocorrer de forma direta, originadas pela ação do calor sobre o componente orgânico, ou de forma indireta, tendo origem pela eliminação da cobertura vegetal do solo. Em ambos os casos ocorre o aumento da vulnerabilidade desses ambientes ao processo hidro-erosivo (NOGUEIRA, 2015).



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Os impactos negativos do fogo abaixo da superfície estão relacionados com a quebra das estruturas do solo, ocasionando a redução da umidade e o desenvolvimento de repelência à água, assim como mudanças nos fluxos de ciclagem de nutrientes, perda do quantitativa do material vegetal que se deposita no solo resultante dos componentes senescentes do dossel arbóreo e alteração da biota do solo (NAERY *et al.*, 1999).

Os incêndios acarretam diversas transformações no solo, consumindo a matéria orgânica e abrindo fendas pela contração dos minerais ao se resfriarem, acelerando o processo de lixiviação e hidroerosão (MATAIX-SOLERA e GUERRERO, 2007). Outra característica negativa para o geossistema associada aos incêndios é a hidrofobicidade gerada a partir do selamento dos poros do solo (CERDÀ *et al.*, 2012). A estabilidade estrutural do solo é a resistência do mesmo a forças externas desreguladoras, como por exemplo, as gotas da chuva. A redução da estabilidade dos agregados pode afetar o processo de infiltração, vedação, formação de crosta, retenção da água, escoamento e erosão do solo (THOMAZ, 2017).

Os movimentos de massa em geral são normalmente associados a chuva, como é comumente divulgados em noticiários após um evento, mas existem fatores que podem contribuir, assim facilitando essas movimentações, como citado anteriormente os incêndios acarretam diversos impactos negativos para o solo, e entre eles a repelência à água, que podem ocasionar dificuldades na infiltrabilidade, fazendo com que a água deixe o solo ou se acumule em baixas profundidades, gerando com isso indícios para futuros escorregamentos.

## **2. Área de Estudo**

A área de estudo (figuras 1 e 2) encontra-se no bairro de Venda da Cruz no município de São Gonçalo localizado na região metropolitana do estado do Rio de Janeiro, que por sua vez está na região sudestes do Brasil. O município apesar de ser o 66º maior em área, é atualmente o segundo mais populoso do estado com população estimada de 1.077.687 habitantes (IBGE, 2018).



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

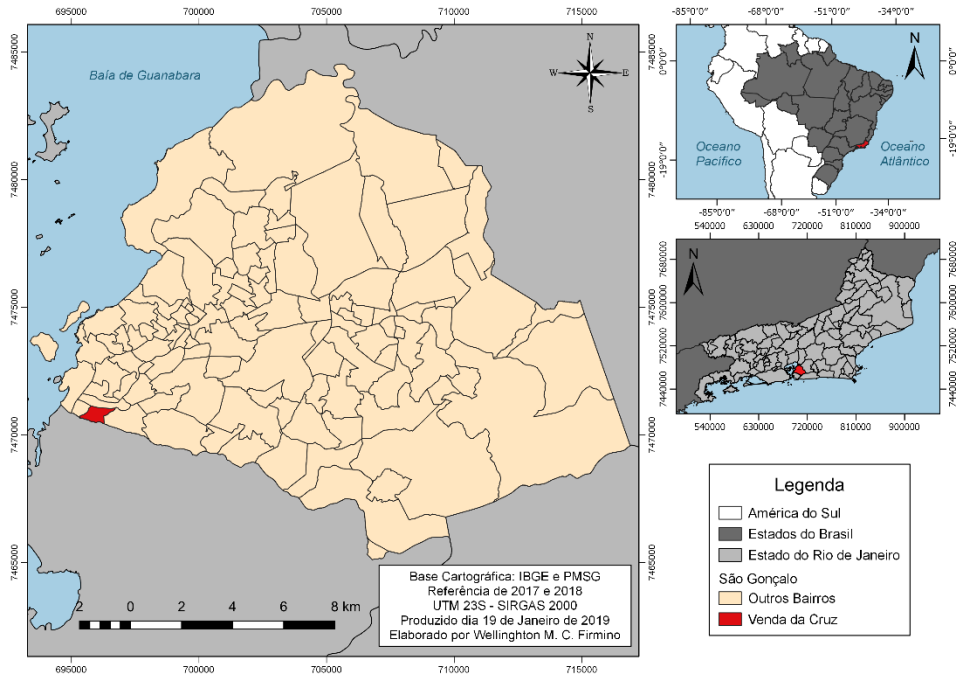


Figura 1 – Mapa de Localização da Área de Estudo.



Figura 2 – Encosta de análise no bairro Venda da Cruz - SG





XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

São Gonçalo apresenta, segundo a classificação de Köppen, um clima predominantemente tropical com estação úmida e seca (Aw), sendo a temperatura mensal média superior a 18°C e média pluviométrica mensal inferior a 60 mm (BERTOLINO *et al.*, 2007).



Figura 4 – Escorregamentos rasos na área de estudo. Fonte: LOPES, 2016.

De acordo com Costa (inédito) essas imagens configuram os dois escorregamentos encontrados na área de estudo: 1) representa um escorregamento mais antigo bem delimitado e processo de recuperação e 2) representa um escorregamento mais recente, também em fase de recuperação.

### 3. Materiais e Métodos

A partir de dados do INPE (Programa Queimadas) foi feito um levantamento de focos de fogo em vegetação do município de São Gonçalo. Foram contabilizados 499 focos distribuídos no período de 2001 a 2018. Os dados foram tratados para serem usados na técnica de Kernel (softwares ArcGIS). Essa técnica calcula a densidade de casos de incêndio em uma determinada área.

Para entender o comportamento hidrológico da encosta analisada foram utilizados dados de chuva da região disponibilizados pela Estação Climatológica da UERJ/FFP que se encontra num raio de 3 km da área de estudo (Google Earth Pro).



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Com o intuito de avaliar o comportamento hidrológico foram instalados sensores que medem os potenciais matriciais da água no solo (GMS'S) (SHOCK, 1998 e 2003) em 5 profundidades distintas (15, 20, 40, 70 e 90 cm).

Para o monitoramento do lençol freático foi instalado um piezômetro na base da encosta. Este instrumento foi instalado com auxílio de um trado mecânico que perfurou o solo até uma profundidade de 8 metros. O monitoramento foi realizado diariamente com a intenção de monitorar a variação no nível do lençol freático.

Os dados relacionados a GMS e Piezômetro foram aferidos diariamente entre os meses de junho a dezembro de 2017, por volta das 8 horas da manhã. Enquanto os dados da estação climatológica da FFP/UERJ são aferidos diariamente às 9 horas, com exceção do período do horário de verão, onde passa a ser medido às 10 horas da manhã.

#### **4. Resultados e Discussões**

A partir de dados coletados na plataforma do INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais) foram contabilizados no período de 2001 a 2018, no município de São Gonçalo um total de 499 focos de incêndio distribuídos.

No período de 2017 pode-se observar (figura 3), que existe uma maior concentração de incêndios no município de São Gonçalo nos meses de fevereiro, setembro e outubro.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

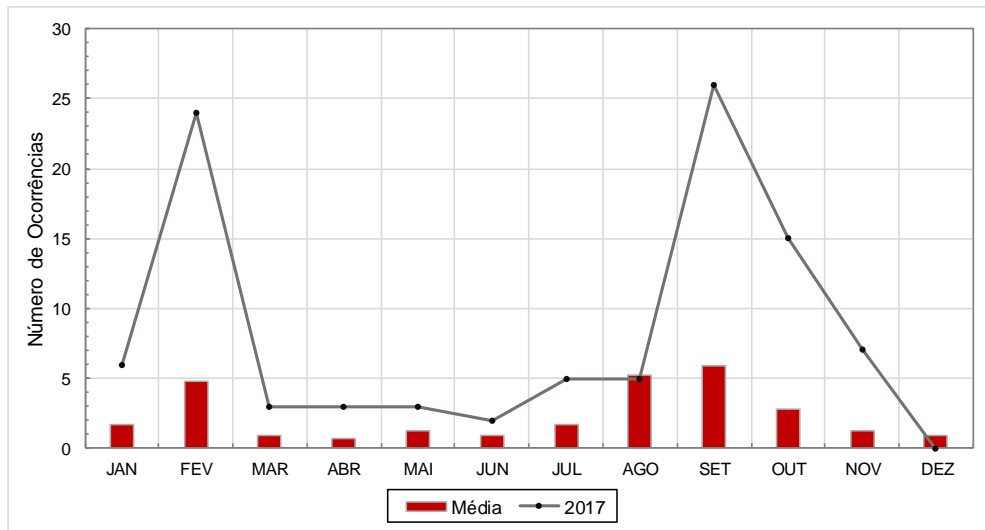


Figura 3 – Ocorrências de Incêndios em São Gonçalo. Fonte: INPE, 2018.

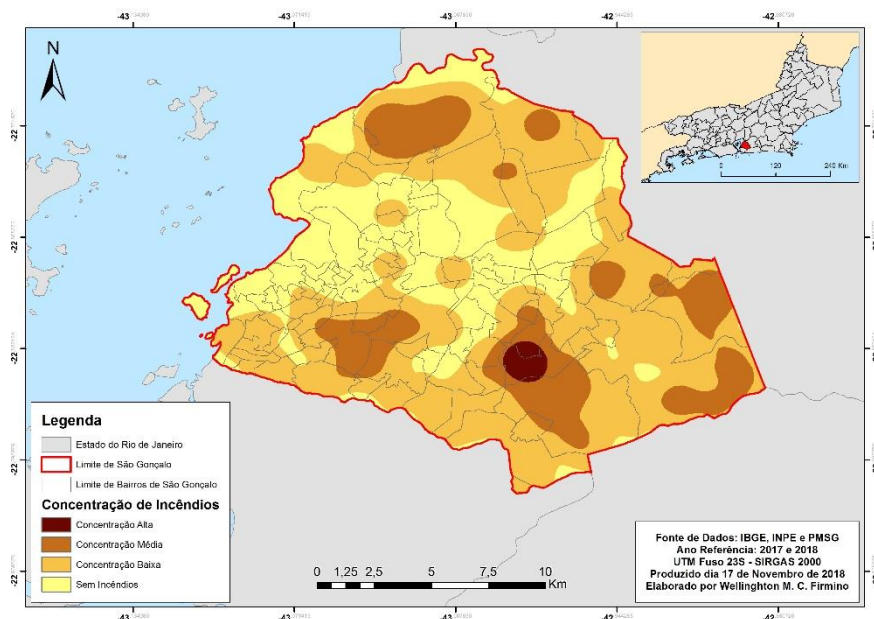


Figura 4 – Mapa de densidade de incêndios no município de São Gonçalo.

A partir do histórico de focos de incêndios no município de São Gonçalo foram definidas 4 classes: 1) áreas sem incêndios, 2) áreas com concentração baixa, 3) áreas com



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

concentração média e 4) áreas com concentração alta de incêndios. Os dados demonstram que a área de estudo está em uma zona de concentração baixa, mas que sofre com incêndios anualmente (figura 4).

Tabela I – Chuvas no período de 2017 e média anual de chuvas no mesmo período. Fonte: LABGEO/FFP, 2018.

Ano	Meses							Total
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
<b>2017</b>	159,6	48,3	47,9	2	52,1	94,8	57,7	462,4
<b>Média</b>	56,4	47,2	24,7	47,9	62,6	120,5	116,1	475,3

No período analisado observamos que os meses de novembro e dezembro se apresentam como os meses mais chuvosos, e agosto o mês com menos chuvas. No ano de 2017 observou-se valores diferentes sendo os meses mais chuvosos, junho e novembro, já setembro foi o mês menos chuvoso.

Tabela III – Médias dos potenciais matriciais nas profundidades de 15, 20, 40, 70 e 90 cm no período de junho a dezembro de 2017.

Profundidade	Meses						
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
<b>15 cm</b>	-20,3	-17,7	-32,1	-25,2	-28,2	-70,6	-75,2
<b>20 cm</b>	-20,6	-20,9	-28,4	-23,5	-28,3	-186,3	-170,1
<b>40 cm</b>	-21,3	-21,6	-29,8	-23,7	-28,0	-176,5	-174,7
<b>70 cm</b>	-23,4	-27,5	-39,4	-46,8	-36,4	-194,2	-197,8
<b>90 cm</b>	-27,0	-29,0	-56,5	-66,1	-38,8	-190,2	-196,4

Em relação aos potenciais matriciais, observa-se que nos meses de junho e julho todas as profundidades mantiveram-se estáveis (-20 a -30 kPa). No mês de agosto, setembro e outubro, as profundidades subsuperficiais variaram de -36 a -66 kPa, demonstrando um maior ressecamento do solo. A partir de novembro, com o período das chuvas, verifica-se potenciais matriciais mais altos somente na profundidade de 15 cm, oscilando entre -70 e -76 kPa, o que demonstra um maior teor de umidade nesta profundidade. Enquanto que nas profundidades de





XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

20, 40, 70 e 90 cm os potenciais matriciais apresentam um comportamento similar, com médias entre -170 e -199 kPa, ou seja, o solo apresenta-se mais seco.

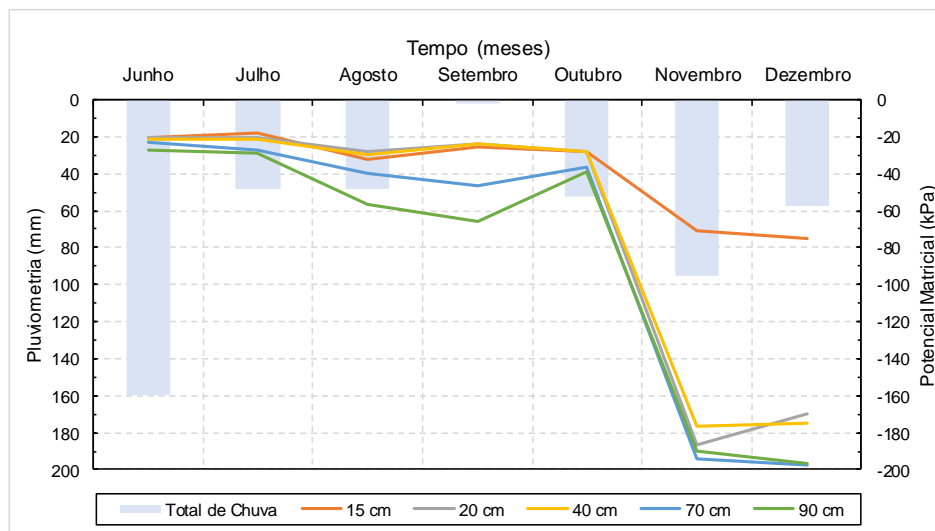


Figura 5 – Dados de potenciais matriciais por profundidade (kPa) e chuva (mm) na área de estudo.

A figura 6 é uma representação da altura do lençol freático através dos dados de piezometria. Os valores demonstram que durante o período monitorado o nível da altura de água na base da encosta variou entre 3,71 m a 1,98 m. Nota-se que nos dias 01 de outubro (2,7 m), 01 de novembro (2,7 m) e 01 de dezembro (1,98 m) houveram rebaixamento do nível de água.

É interessante notar que no período de junho até o final de setembro o lençol freático manteve-se a 3,71 m da superfície. A partir de outubro é possível notar o aumento do nível de água, com o valor mínimo alcançando a 1,93 m.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

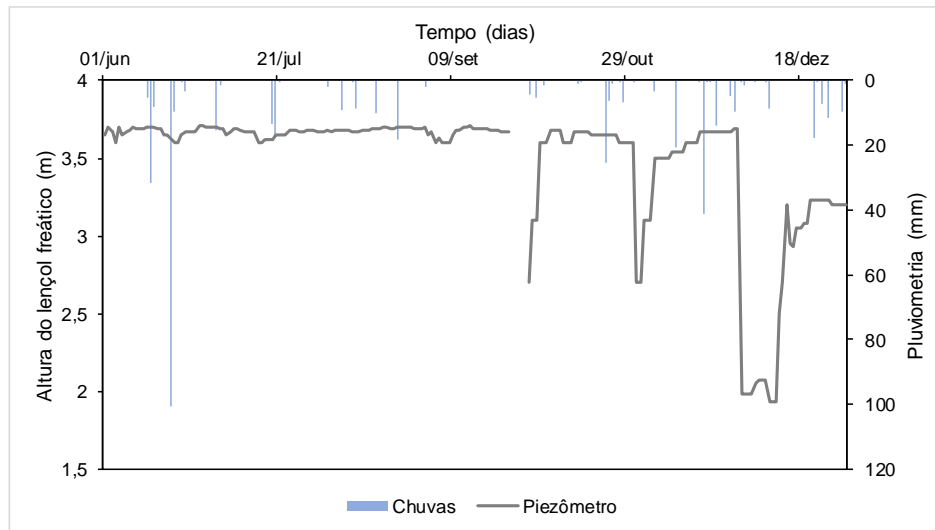


Figura 6 – Dados de piezometria por profundidade (m) e chuva (mm) na área de estudo

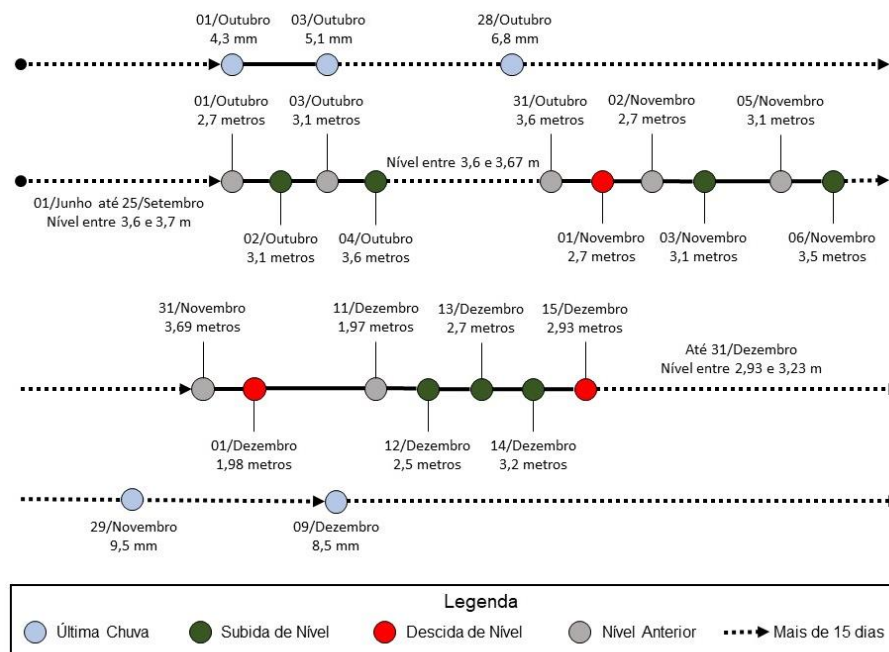


Figura 7 – Fluxograma com os principais períodos de variação do lençol freático

A figura 7 representa um fluxograma onde foram registrados os períodos com as maiores variações do lençol freático. O lençol freático se encontra em nível estável entre 3,6 e



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

3,7 metros, não sendo ultrapassado o valor de 3,7 metros e esses valores se mantêm do 01 de junho até o dia 25 de setembro. Em outubro verifica-se variações no nível do lençol, onde no dia 01 de outubro foi registrado a altura de 2,7 metros passando para 3,1 metros no dia 02 de outubro, e no dia 03 para o dia 04 de outubro variando de 3,1 para 3,5 metros, uma variação positiva de 0,4 e 0,5 metros.

Esse padrão de recarga sofre uma variação a partir de novembro, onde o dia 01 o lençol teve uma perda de 0,9 metros em seu nível, mesmo com uma chuva registrada no dia 28 de outubro, entretanto nos dias seguintes o nível variou positivamente subindo para 3,1 metros e em seguida para 3,5 metros, o mesmo se repete no mês seguinte, onde o nível varia negativamente no dia 01 de dezembro, possuindo 1,93 metros e sofrendo uma perda de 1,71 metros em seu nível, apesar de uma chuva registrada no dia 29 de novembro, um fato diferente do mês anterior é que o lençol não sofreu recarga nos dias seguintes, somente após 11 dias e depois uma nova chuva no dia 09 de dezembro.

Com essas informações notamos que o lençol freático se mantém estável quando atinge valores entre 3,6 e 3,7 metros e sofre recargas quando o seu nível se encontra abaixo do indicado anteriormente e após chuvas fracas, e em no máximo 6 dias após. Contudo notamos variações negativas drásticas e que afetaram o lençol entre 0,9 metros a 1,71 metros, nos meses de setembro, novembro e dezembro.

## **5. Considerações Finais**

Os dados de bloco de matriz granular instalados na área de estudo mostram que a água consegue infiltrar menos no solo em profundidades superiores a 15 cm. A partir das análises do piezômetro, nota-se que nos meses de setembro, novembro e dezembro o lençol freático sofre perdas no seu nível, e esta perda pode também ser associado a dificuldade de infiltração da água em profundidades maiores a 15 cm, inclusive este nível não conseguindo recuperar sua variação média que se deu entre os meses de junho a setembro com variações entre 3,6 e 3,7 m, onde mesmo com períodos de grandes chuvas o lençol não sofreu variações.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

## 6. Referências Bibliográficas

- BERTOLINO, A. V. F. *et al.* **Análise da dinâmica climatológica no município de São Gonçalo: Triênio 2004-2007.** Revista Tamoios, ano IV, nº 2, 2007. 16 p. ISSN 1980-4490.
- BRASIL, Ministério da Saúde. **Introdução à Estatística Espacial para a Saúde Pública.** Fundação Oswaldo Cruz, 2007. 120 p.
- CERDÀ, G. **Long-term erosional responses after fire in the Central Spanish Pyrenees.** Water and sediment yield, Catena, 2005. 59-80 p.
- MATAIX-SOLERA, J. *et al.* **Water repellency under diferente plant species in a calcareous forest soil in a semiarid Mediterranean environment.** John Wiley & Sons Ltd, 2007. 2300-2309 p.
- SIDLE, R.C., PEARCE A.J. & O'LOUGHLIN, C.L. **Natural factors affecting slope stability.** In: **American Geophysical Union (ed.). Hillslope stability and land use.** Washington, 1985. 31-72 p.
- NEARY, D. G. *et al.* **Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis.** Forest Ecol. Manag. 122. 1999. 51-71 p.
- THOMAZ, E. L. **Fire changes the larger aggregate size classes in slash-and-burn agricultural systems.** Elsevier. 2017. 210-2017 p.
- FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. **Movimentos de Massa: uma Abordagem Geológico-Geomorfológica.** In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.): **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1996. 123-186 p.
- IBGE. **Estimativas de população para 1º de julho de 2018.** Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html> >. Acesso em 27 dez. 2018.
- SHOCK, C.C., BRNUM, J.M., SEDDIGH, M. **Calibration of watermark soil moisture sensors for irrigation management.** Int. Irrig. Show, San Diego, CA, USA. 1998. 139-146 p.