

## XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

### VARIAÇÕES DO NÍVEL D'ÁGUA EM PIEZÔMETROS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO CONCÓRDIA, LONTRAS, SC

*Mateus Nascimento Vieira de Melo<sup>1</sup>; Adilson Pinheiro<sup>1</sup>; Vander Kaufmann<sup>1</sup>; Gustavo Antonio  
Piazza<sup>1</sup>; Edson Torres<sup>1</sup>*

**RESUMO** – A caracterização da variabilidade da altura do lençol freático durante um evento de recarga e descarga necessita medições de campo e monitoramento sistemático. Essas informações auxiliam tomadas de decisão que tangem ações de preservação e garantia da gestão sustentável dos recursos hídricos. Este trabalho verificou a variabilidade do nível d'água em 3 piezômetros instalados na bacia hidrográfica do ribeirão Concórdia, no município de Lontras, Santa Catarina, Brasil. Os piezômetros apresentam distâncias diferentes em relação ao curso de água e distintas profundidades. Todos os piezômetros estão equipados com sensores de nível hidrostático conectados a *dataloggers*. A frequência de monitoramento foi sub-horária (15 min). Foram selecionados eventos de elevação do nível d'água que superaram 60% da amplitude máxima registrada em todos piezômetros. Os coeficientes de ascensão e recessão foram calculados através da equação de Maillet. Resultados das variabilidades dos níveis d'água apresentaram características diferentes, possivelmente por conta das distâncias entre os piezômetros e o curso de água, e de suas profundidades. Quanto maior a distância do piezômetro em relação ao rio e a profundidade, menor a interação rio-aquífero. Outro ponto a ser destacado é o fato de que os coeficientes médios de ascensão foram maiores do que os coeficientes médios de recessão para os 3 piezômetros.

**ABSTRACT** – The characterization of groundwater variability during a recharge and discharge event requires field measurements and systematic monitoring. This information assists in decision-making that includes actions to preserve and guarantee the sustainable management of water resources. This work analyzed the behavior of the water level in 3 piezometers installed in the watershed of the Concordia stream, in the municipality of Lontras, Santa Catarina, Brazil. The piezometers have different distances in relation to the watercourse and different depths. All piezometers are equipped with hydrostatic level sensors connected to dataloggers. The monitoring frequency was sub-hour (15 min). Water level elevation events were selected that exceeded 60% of the maximum amplitude recorded in all piezometers. The coefficients of elevation and recession were calculated using the Maillet equation. Results of water level variability presented distinct characteristics, possibly due to the distances between the piezometers and the river, and to the depth. The greater the distance of the piezometer in relation to the river and the depth, less intense is the river-aquifer interaction. Another point to be highlighted is the fact that the average coefficients of elevation were higher than the average coefficients of recession for the 3 piezometers.

**Palavras-Chave** – Variabilidade temporal, piezometria, monitoramento hidrológico.

---

1) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – FURB, Rua São Paulo, 3250, Itoupava Seca, Blumenau – SC, (47) 3221-6077, mateusnmv@gmail.com, pinheiro@furb.com.br, ambitec.amb@gmail.com, gustavoapiazza@gmail.com, ettotorres@gmail.com

## 1- INTRODUÇÃO

A água subterrânea tem se apresentado como uma alternativa para o suprimento da demanda pública de água, porém as informações a respeito desse manancial e seu funcionamento a nível local ainda são incipientes. O conhecimento acerca da hidrologia subterrânea é de grande valia para a produção de estratégias eficazes de gestão bacias hidrográficas (SANTOS; MANZIONE, 2018).

Esse recurso pode ocorrer em rochas consolidadas e em depósitos sedimentares não consolidados, desde que seja uma formação porosa e permeável. Aquíferos são unidades geológicas saturadas, compostas por rocha ou sedimento, que permitem a extração de água. Um caso particular destas unidades é o aquífero freático, caracterizado pela proximidade da superfície, nível freático exposto à pressão atmosférica, alta permeabilidade no topo e recarga local. O nível d'água oscila de acordo com a relação dinâmica entre a precipitação incidente, a evapotranspiração, o bombeamento, as abstrações, o fluxo do rio, dentre outros fatores (MANZIONE, 2015).

O comportamento e os processos que envolvem a água subterrânea são consequências de uma série de fatores que, para seu conhecimento, necessitam de medições de campo e monitoramento sistemático. A caracterização do comportamento deste sistema durante um evento de elevação da altura do lençol freático, relacionada com o uso da terra, mudanças climáticas e intervenções antrópicas são informações importantes para o desenvolvimento de ferramentas capazes de preservar e garantir a gestão das águas e dos ecossistemas (MANZIONE, 2018).

Este trabalho verificou a variabilidade do nível d'água em 3 piezômetros instalados na bacia hidrográfica do ribeirão Concórdia, no município de Lontras, Santa Catarina, Brasil.

## 2- MATERIAL E MÉTODOS

Os piezômetros utilizados para o experimento situam-se na bacia hidrográfica do ribeirão Concórdia, no município de Lontras, Santa Catarina, Brasil. A bacia encontra-se nas coordenadas de latitude 27°11'17,0"S e longitude 49°29'40,1"O, e possui uma área de 30,93 km<sup>2</sup>. O ribeirão Concórdia é afluente do rio Lontras que por sua vez é afluente do rio Itajaí, principal rio da bacia hidrográfica do Itajaí (LOWEN, 2016).

A altitude em relação ao nível do mar está compreendida, aproximadamente, entre 300 e 900 metros. As diferentes altitudes apresentam temperaturas médias anuais variadas, sendo na parte baixa de 22,27 °C e nas altas de 19,80 °C (TORRES, 2016). O clima predominante em Lontras, segundo Köeppen, classifica-se como Cfb, mesotérmico úmido, com verão brando, temperatura média de 20° C e precipitação pluviométrica anual entre 1600 a 1800 mm (EPAGRI, 2007).

Em relação a formação geológica, a bacia hidrográfica pertence ao grupo Itararé, com suítes intrusivas graníticas. Seu subgrupo é da formação Rio do Sul, apresentando folhetos e argilitos cinza escuro. Os solos da bacia hidrográfica originaram, portanto, desta formação geológica e possuem a seguinte distribuição em percentagem de área: cambissolos - 62,2%, argissolos - 32,9% e gleissolos - 0,9% (PIAZZA *et al.*, 2014).

Os piezômetros foram confeccionados pela metodologia de Santoro *et al.* (2007), consistindo na utilização de tubos de PVC, colocados no solo através de aberturas feitas com trado tipo holandês até que seja atingida a camada impermeável. Os tubos são geomecânicos e apresentam diâmetro de 2". Para isolamento superior, utiliza-se tampas de PVC, e para o isolamento inferior, utiliza-se um tampão Cap.

Foi introduzida uma camada de areia média com 0,4 m de espessura, no sentido de apoiar os tubos sobre esta camada. Foram feitas ranhuras de 0,75 mm nos tubos, envolvidos por uma camada de geotêxtil, de modo a permitir a passagem de água e impedir a passagem de partículas de solo ou de areia para o interior. Na parte superior, foi feita uma impermeabilização com concreto de 0,5 m diâmetro ao redor dos tubos para isolamento de águas escoadas superficialmente.

O trabalho utilizou dados de 3 piezômetros. A Figura 1 apresenta a área de estudo com a localização dos piezômetros: PZMC, PZ2127 e PZ3. O piezômetro PZMC está localizado em uma área de floresta ciliar e os piezômetros PZ2127 e PZ3 encontram-se em área de pastagem, estando o PZ2127 localizado próximo ao exutório da bacia hidrográfica.

As profundidades dos dispositivos são de 2,4, 3,8 e 5,1 m e as distâncias perpendiculares do ribeirão Concórdia são 3, 35 e 60 m, respectivamente. Os piezômetros encontram-se nas seguintes cotas altimétricas: 433, 367 e 372 m, respectivamente (Figura 1 e Tabela 1). Todos os piezômetros são equipados com sensores de nível d'água hidrostático conectados a *dataloggers*. A frequência de monitoramento foi sub-horária (15 min).

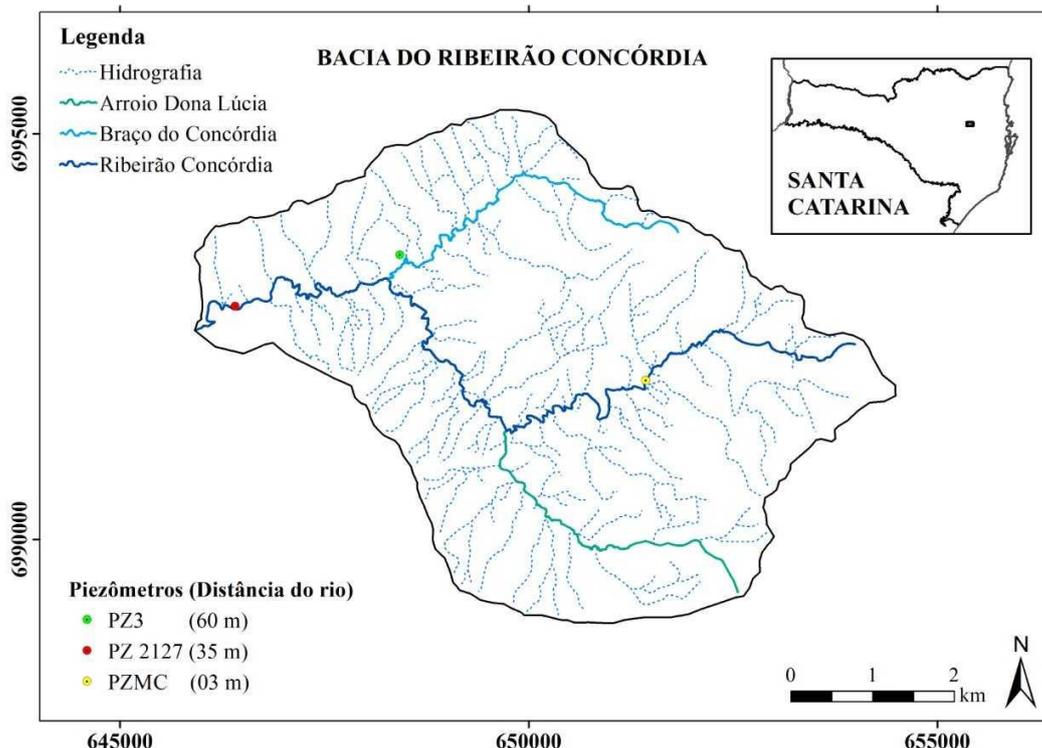


Figura 1- Localização dos piezômetros PZMC, PZ2127 e PZ3, na bacia hidrográfica do ribeirão Concórdia, Lontras (SC), Brasil.

Tabela 1- Informações referentes aos piezômetros instalados na bacia hidrográfica do ribeirão Concórdia, Lontras (SC), Brasil.

Identificação do piezômetro	Uso da terra	Coordenadas geográficas (° decimais)	Profundidade (m)	Distância do ribeirão (m)	Cota altimétrica (m)
PZMC	Floresta ciliar	- 27,18889 - 49,47439	2,4	3	433
PZ2127	Pastagem	- 27,19053 - 49,49197	3,8	35	367
PZ3	Pastagem	- 27,17933 - 49,52147	5,1	60	372

Para este trabalho, utilizou-se a média a cada 2 horas de dados de nível d'água registrados a cada 15 minutos, compreendidos no período de 23 de abril de 2012 a 02 de setembro de 2015. Foram selecionados da série histórica eventos de elevação do nível d'água que superaram 60% da amplitude máxima registrada em todos os piezômetros, abrangendo eventos com diferentes durações.

Os coeficientes de ascensão e recessão foram calculados para toda duração de cada evento, a cada 2 horas, considerando uma curva exponencial. Sua determinação numérica foi feita utilizando a Equação 1 (MAILLET, 1905).

$$\alpha = \frac{\log NA - \log NA_0}{0,4343 \cdot t} \quad (1)$$

onde  $\alpha$  é o coeficiente de ascensão ou recessão ( $d^{-1}$ ),  $NA$  é o nível d'água,  $NA_0$  é o nível d'água no instante inicial e  $t$  é tempo (dias).

### 3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os 14 eventos selecionados, com suas datas de início e término. Os eventos variaram de 6 a 61 dias de duração, abrangendo assim diferentes características de intensidade e duração relacionadas às precipitações. As Figuras 2 e 3 apresentam os linigramas do evento 1 ao 4 e do evento 5 ao 14, respectivamente.

Tabela 2- Datas de início e término dos eventos ocorridos na bacia hidrográfica do ribeirão Concórdia, Lontras (SC), Brasil.

Evento	Data de início	Data de término	Evento	Data de início	Data de término
1	23/04/2012	22/05/2012	8	20/01/2013	29/01/2013
2	23/05/2012	03/06/2012	9	03/04/2013	03/05/2013
3	04/06/2012	10/06/2012	10	05/05/2013	19/05/2013
4	17/06/2012	05/07/2012	11	30/05/2013	16/06/2013
5	17/07/2012	24/07/2012	12	27/03/2015	21/04/2015
6	10/10/2012	20/10/2012	13	22/05/2015	10/06/2015
7	21/10/2012	18/11/2012	14	03/07/2015	02/09/2015

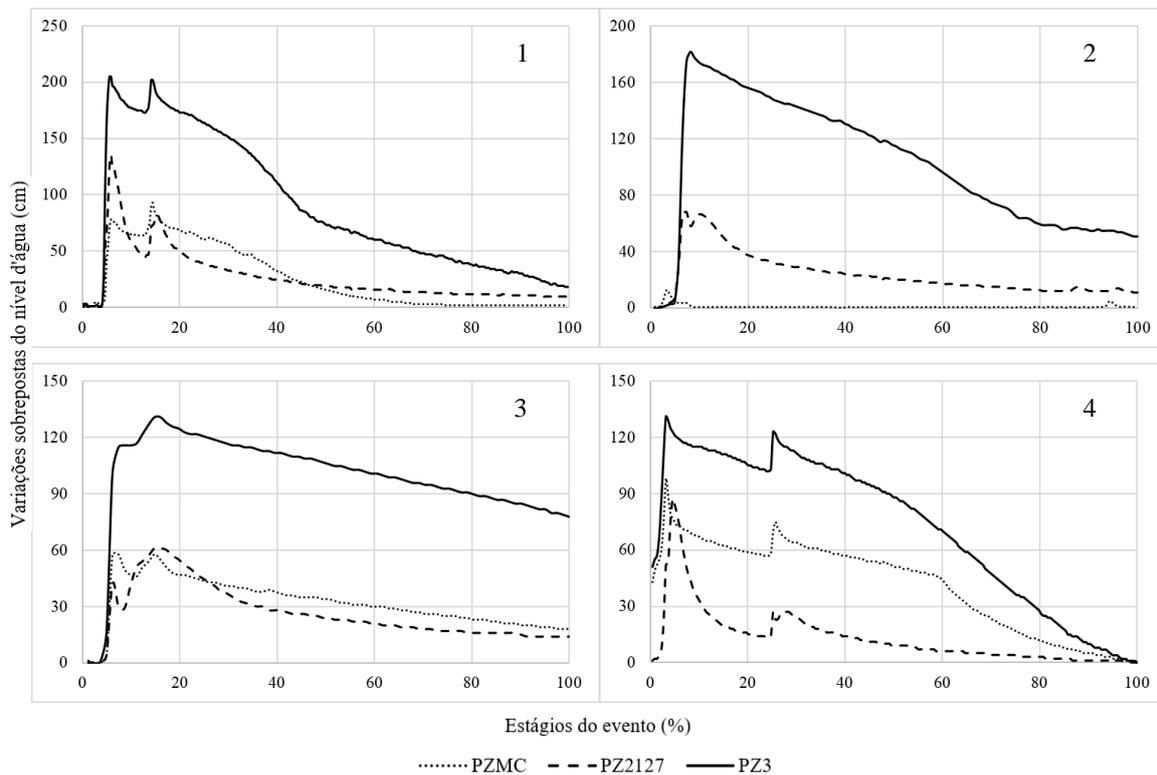


Figura 2- Linigramas do evento 1 ao 4, ocorridos na bacia hidrográfica do ribeirão Concórdia, Lontras (SC), Brasil.

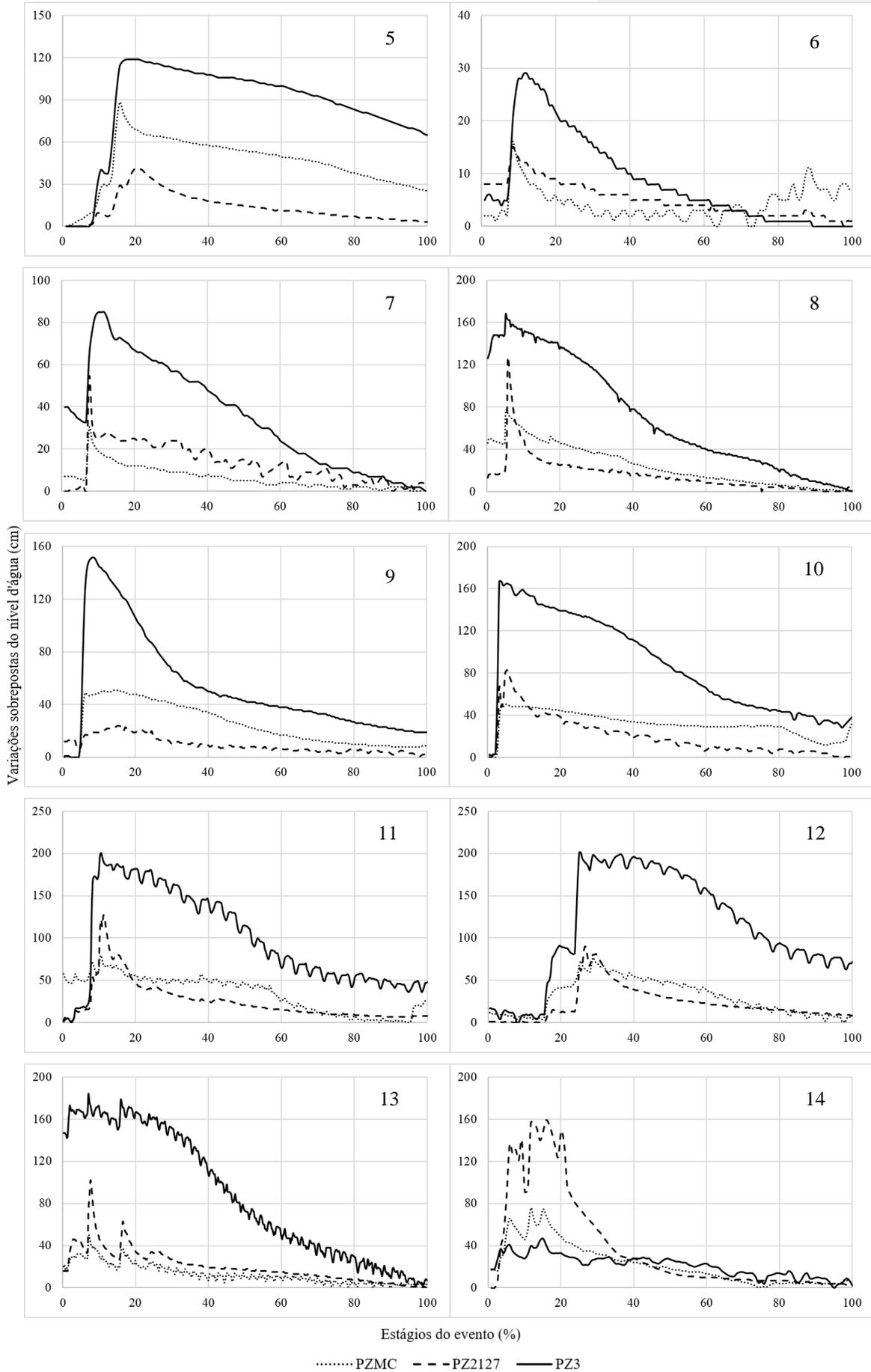


Figura 3- Linigramas do evento 5 ao 14, ocorridos na bacia hidrográfica do ribeirão Concórdia, Lontras (SC), Brasil.

Observa-se que em todos os eventos, exceto no evento 14, as maiores variações do nível d'água foram registradas no PZ3. Este fato pode estar relacionado à maior profundidade dele, se comparado aos demais. Analisando os níveis d'água do PZMC e o PZ2127, pode-se verificar que em, aproximadamente, 71% dos casos o PZ2127 apresentou as maiores variações.

Observou-se em todos os eventos, exceto no evento 14, um maior tempo de rebaixamento do nível d'água no PZ3, isto é, um retorno mais lento ao nível base. Isto pode ser explicado pela menor interação rio-aquífero, dada por conta da maior distância entre o piezômetro e o curso de água. As alternâncias entre o PZMC e o PZ2127 das velocidades de rebaixamento podem ser explicadas pelas diferentes características de intensidade, duração e localização das precipitações que originaram os eventos.

Os coeficientes de ascensão e recessão calculados para cada evento encontram-se na Tabela 3, bem como as médias por piezômetro (Figura 4).

Tabela 3- Coeficientes de ascensão (CA) e coeficientes de recessão (CR) para os eventos ocorridos na bacia hidrográfica do ribeirão Concórdia, Lontras (SC), Brasil.

Evento	PZMC		PZ2127		PZ3	
	CA (d <sup>-1</sup> )	CR (d <sup>-1</sup> )	CA (d <sup>-1</sup> )	CR (d <sup>-1</sup> )	CA (d <sup>-1</sup> )	CR (d <sup>-1</sup> )
1	3,19	-0,53	1,32	-0,28	0,70	-0,07
2	3,51	-0,32	0,87	-0,24	0,79	-0,07
3	1,88	-0,23	1,32	-0,24	0,62	-0,05
4	1,02	-0,30	0,80	-0,21	0,53	-0,05
5	1,91	-0,25	0,63	-0,18	0,77	-0,05
6	0,34	-0,23	0,43	-0,22	0,32	-0,09
7	0,24	-0,22	0,55	-0,29	0,62	-0,07
8	0,25	-0,23	0,32	-0,60	0,05	-0,07
9	0,96	-0,33	0,49	-0,26	0,14	-0,07
10	0,28	-0,34	0,28	-0,30	0,06	-0,09
11	1,35	-0,28	0,66	-0,41	0,53	-0,07
12	0,67	-0,49	0,77	-0,32	0,25	-0,17
13	1,02	-0,55	0,99	-0,37	0,30	-0,15
14	0,47	-0,31	0,51	-0,22	0,19	-0,13
Média	1,22	-0,33	0,71	-0,30	0,42	-0,09

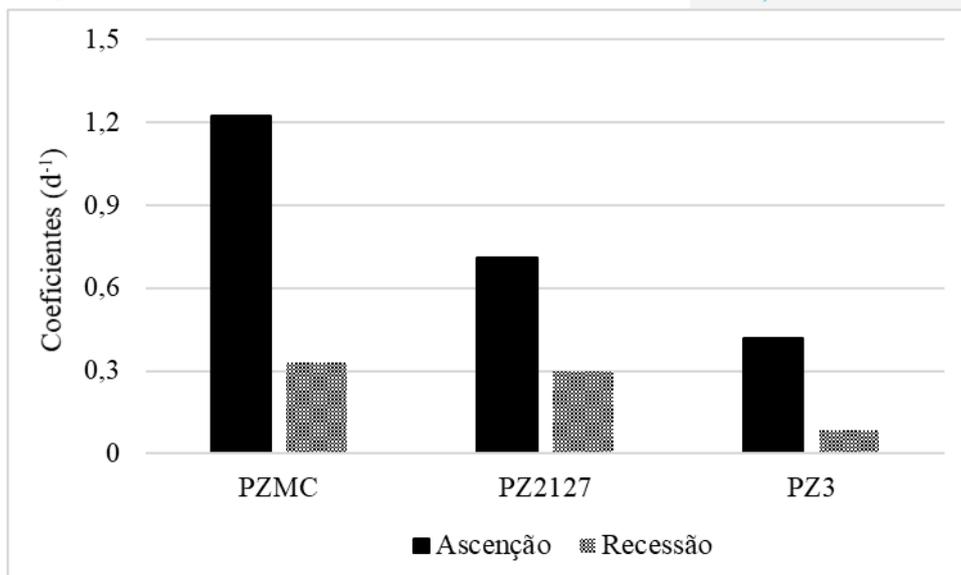


Figura 4- Coeficientes de ascensão e recessão médios dos piezômetros, em módulo, calculados para os eventos ocorridos na bacia hidrográfica do ribeirão Concórdia, Lontras (SC), Brasil.

Os coeficientes médios de ascensão obtidos foram, 1,22, 0,71 e 0,42 e recessão de -0,33, -0,30, e -0,09, para os piezômetros PZMC, PZ2127 e PZ3, respectivamente. Estes valores corroboram o resultado encontrado pelas Figuras 2 e 3. Observa-se na Figura 4 o decaimento dos coeficientes médios de ascensão e recessão com o aumento desta distância e da profundidade. Quanto maior a distância do piezômetro para com o rio e a profundidade, menor interação rio-aquífero. Outro ponto a ser destacado são as diferenças entre as velocidades de ascensão e recessão, sendo estas maiores para ascensão do nível d'água. Estes resultados podem indicar uma maior condutividade hidráulica dos solos dos piezômetros com ascensões e recessões mais rápidas.

De modo a compilar as informações linimétricas dos eventos selecionados, apresenta-se na Figura 5 as variações médias sobrepostas do nível d'água de acordo com os estágios dos eventos. Constata-se que, em média, os máximos níveis d'água são atingidos de forma mais rápida no PZMC, seguido do PZ2127 e, por fim, do PZ3.

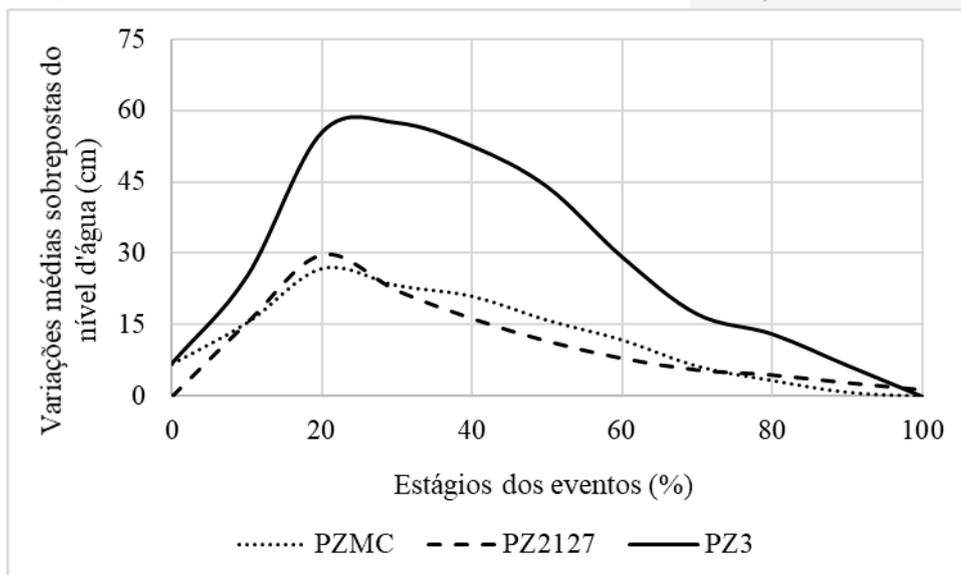


Figura 5- Variações médias sobrepostas dos níveis d'água de acordo com os estágios dos eventos ocorridos na bacia hidrográfica do ribeirão Concórdia, Lontras (SC), Brasil.

#### 4- CONCLUSÕES

As medições dos níveis d'água nos piezômetros apresentaram diferentes características, possivelmente, por conta das características distintas dos piezômetros, como por exemplo, distância do ribeirão, suas profundidades e localização em relação a bacia hidrográfica. A comparação das séries de dados permitiu a identificação de diferentes variações máximas de nível, bem como distintas velocidades de ascensão e recessão.

Os resultados obtidos mostram a importância deste tipo de análise para o conhecimento a respeito de processos hidrológicos referentes a este tipo de manancial e seu funcionamento a nível local. O aumento da demanda de uso da água subterrânea torna estudos desta categoria ainda mais importantes no que diz respeito a gestão de recursos hídricos das bacias hidrográficas.

Vale destacar que as diferenças observadas nos diferentes piezômetros podem ter explicações locais. Uma sugestão seria a instalação de transectos em regiões de interesse no sentido de verificar essa dinâmica de comportamento em todo o talude de escoamento até o curso de água. O estudo específico e aprofundado das características dos solos também pode revelar informações importantes para compreensão dos fenômenos de ascensão e recessão do nível d'água em piezômetros, bem como estudos que os relacione com usos da terra e variáveis hidroclimatológicas.

**ADRADECIMENTOS** - O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Brasil (Código de Financiamento 001 e Processo 88881.143991/2017-01). Os autores agradecem a CAPES pela concessão da bolsa de mestrado ao primeiro autor e doutorado do quinto autor, e ao CNPq (Processo 309980/2017-8) pela bolsa de produtividade de pesquisa do segundo autor.

## REFERÊNCIAS

- LOWEN, R. A. (2016). *Mecanismos de geração de escoamento superficial na bacia do ribeirão Concórdia, Lontras – SC*. 2016. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) – Fundação Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 86 p.
- MAILLET, E. (1905). *Essais d'Hydraulique Souterraine et Fluviale*. Herman Paris, 218 p.
- MANZIONE, R. L. (2015). *Águas subterrâneas: conceitos e aplicações sob uma visão multidisciplinar*. Paco Editorial Jundiaí, 386 p.
- MANZIONE, R. L. (2018). “*Mapeamento das características dinâmicas do nível freático do Sistema Aquífero Bauru como instrumento de gestão de recursos hídricos*”. *Geologia USP* 18 (1), pp. 22-240.
- PIAZZA, G. A.; DEPINE, H.; PINHEIRO, A.; KAUFMANN, V.; GONCALVES JUNIOR, A. C.; OLIVEIRA, M. H. C. (2014). “*Spatial distribution of soil attributes in the Concórdia river watershed in Southern Brazil*”. *Environmental Quality Management* 24, pp. 1-12.
- SANTORO, J.; DINIZ, H. N. CORREIA, N. T.; CARBONE, F. R.; SCIOTTA, L. C. O. (2007). “*Estimativa da recarga do aquífero freático na bacia do rio Uma no município de Taubaté, SP*”. *Revista Ambiente e Água* 2 (1), pp. 57-82.
- SANTOS, J. R.; MANZIONE, R. L. (2018). “*Estimativa da recarga de águas subterrâneas em área de afloramento do sistema aquífero guarani na região de Bofete – SP*” in *Anais do XX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Campinas, Nov. 2018*, 1.
- TORRES, E. (2016). *Fluxo de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> do sistema solo-atmosfera e estoque de carbono do solo na bacia hidrográfica do ribeirão Concórdia em função do uso do solo*. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) – Fundação Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 98 p.