



Associação Brasileira de Recursos Hídricos



CÓDIGO 10746

**ESTIMATIVA DE RECARGA NA SUB-BACIA REPRESENTATIVA
DA BACIA DE JUATUBA (MG) PARA O ANO HIDROLÓGICO DE
2012/2013 PELO MÉTODO DE VARIAÇÃO DO NÍVEL D' ÁGUA
(VNA)**

Rodrigo de Paula Hamzi – Aluno de Mestrado EHR/UFMG
Eber José de Andrade Pinto – Prof. Adjunto EHR/UFMG

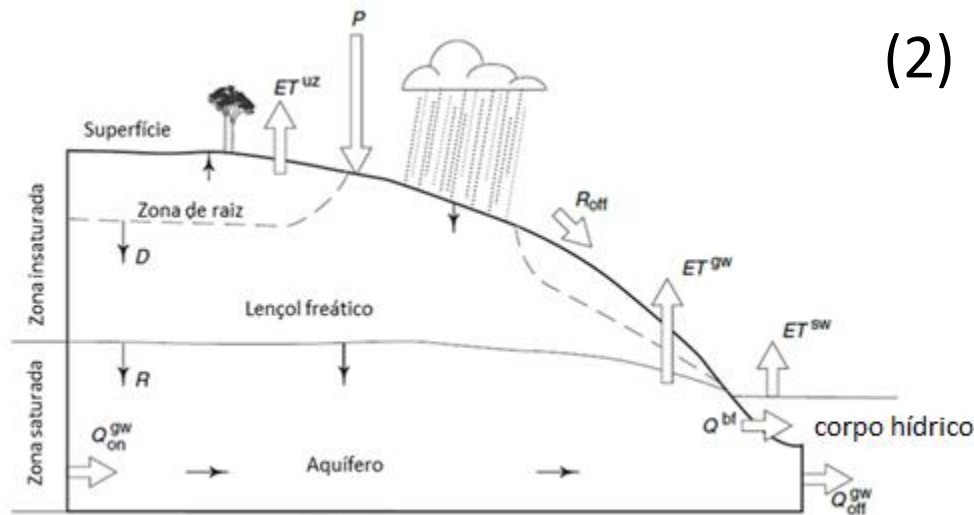
INTRODUÇÃO

O que é recarga ?

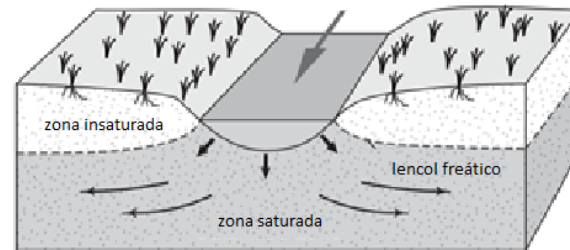
Segundo Lerner *et. al* (1990) *apud* Misstear (2000), a recarga natural pode ser definida como o **fluxo de água através do solo**, normalmente pela zona não saturada, **que alcança o nível do aquífero livre e se adiciona ao reservatório hídrico subterrâneo.**

INTRODUÇÃO

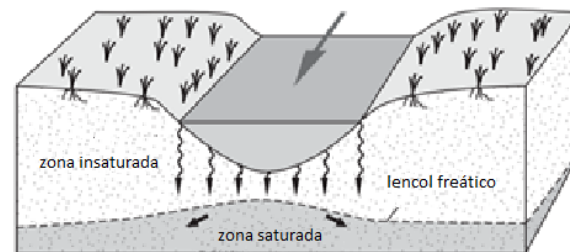
(1) RECARGA NATURAL DIRETA



(2) RECARGA NATURAL INDIRETA



A) PERDA DE FLUXO (LOSING STREAM)



B) FLUXO DESCONECTADO (DISCONNECTED STREAM)

INTRODUÇÃO

Segundo Scanlon *et al.* (2002), **não há um método universal para quantificar a recarga**, assim, essa dependerá de cada limitação ou especificação da técnica aplicada.

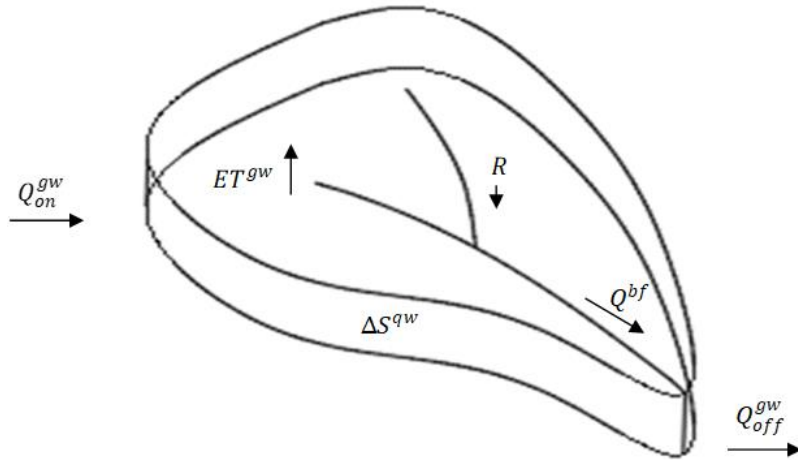
Dentre as técnicas de recarga direta, destaca-se a Variação de Nível d' Água (VNA):

- (1) disponibilidade de dados sobre os níveis estáticos dos piezométricos (série histórica);
- (2) e simplicidade na estimativa das taxas de recarga.

INTRODUÇÃO

VARIAÇÃO DE NÍVEL D' ÁGUA (VNA)

Baseada no balanço hídrico natural na zona saturada:



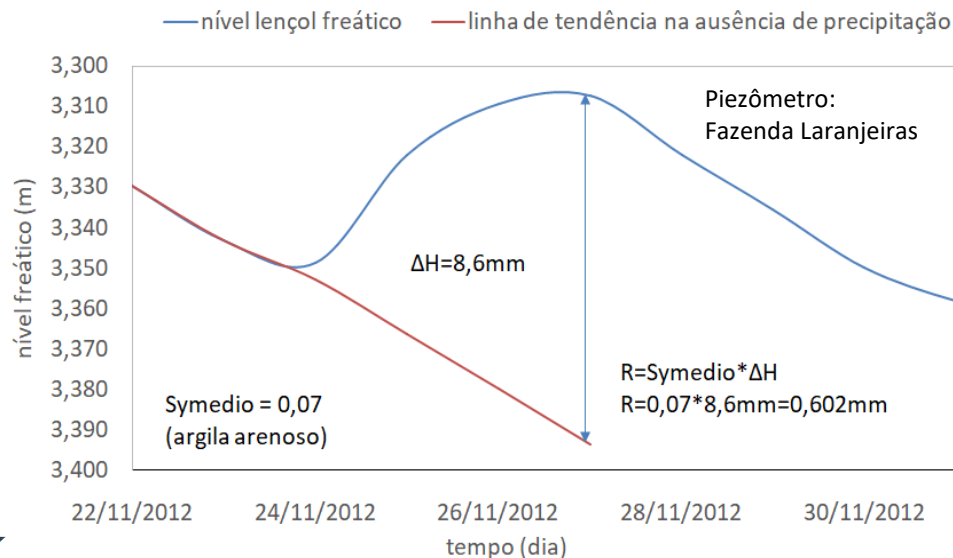
$$\Delta S^{gw} = ENTRADAS - SAÍDAS$$

$$\Delta S^{gw} = (Q_{on}^{gw} + R) - (ET^{gw} + Q^{bf} + Q_{off}^{gw})$$

INTRODUÇÃO

VARIAÇÃO DE NÍVEL D' ÁGUA (VNA)

$$\uparrow (R) \quad \downarrow (ET^{gw} + Q^{bf})$$



$$R = Sy * \frac{\Delta h}{\Delta t}$$

Produção Específica (razão entre o volume de água liberada dos vazios pelas forças gravitacionais e o volume total de vazios da rocha ou solo).

INTRODUÇÃO

PRODUÇÃO ESPECIFICA (S_y)

1. laboratório;
2. campo por teste de bombeamento ou teste Slug, segundo (Fitts, 2015);
3. correlações do balanço hídrico na zona saturada (Healy e Cook, 2002);
4. valores de referência na literatura - Healy e Cook (2002).

Textura	Média rendimento específico	Coefficiente de variação (%)	Número de estudos considerados
argila	0,02	59	15
silte	0,08	60	16
Argilo-arenosa	0,07	44	12
Areia fina	0,21	32	17
Areia média	0,26	18	17
Areia grossa	0,27	18	17
Areia solta	0,25	21	15
Cascalho fino	0,25	18	17
Cascalho médio	0,23	14	14
Cascalho grosso	0,22	20	13

Fonte: Johnson (1967)⁷

INTRODUÇÃO

RESTRIÇÕES DO MÉTODO VARIAÇÃO DE NÍVEL D' ÁGUA (VNA)

1. Características do aquífero:
 - a) Aquíferos rasos ($NE < \text{até } 20 \text{ metros}$);
 - b) Aquíferos livres;
 - c) Sensíveis a resposta de recarga pela precipitação.
2. Precisão na determinação de S_y .
3. Relação entre as taxas de entradas e saídas na zona saturada:
 - a) Taxa de entrada $>$ Taxa de saída;
 - b) Taxas de saída não variar significativamente no tempo.

ÁREA DE ESTUDO

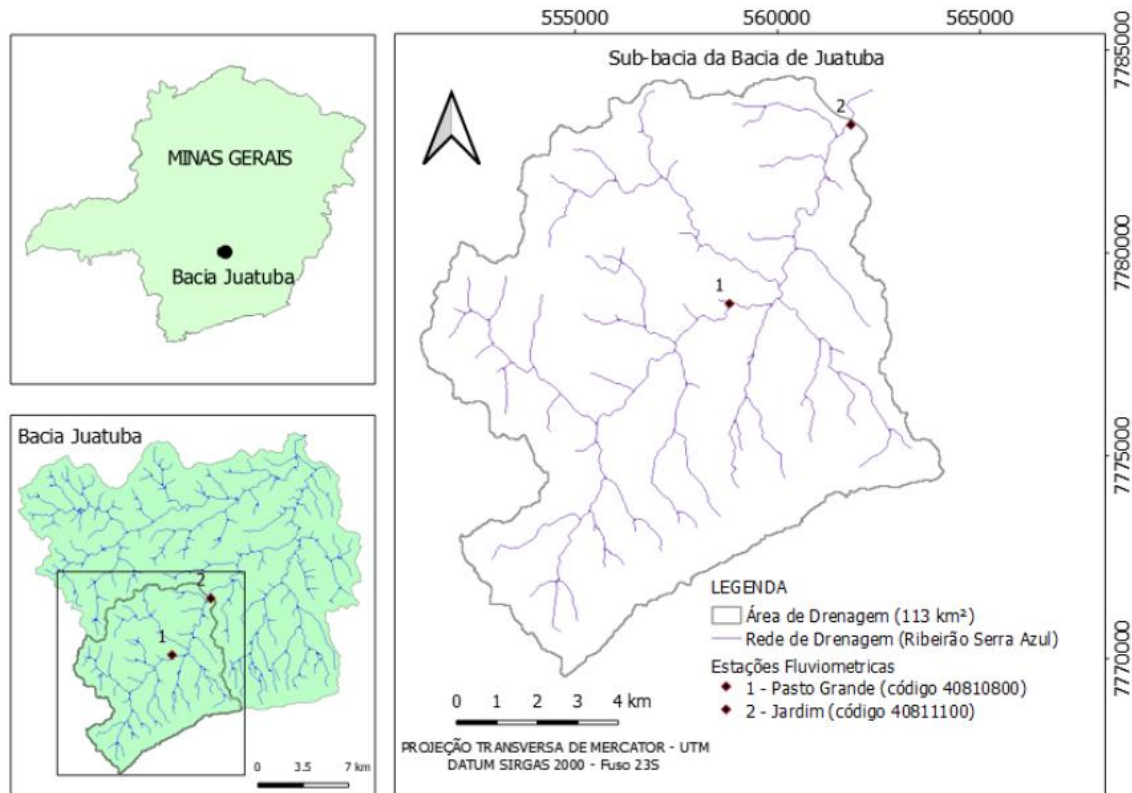
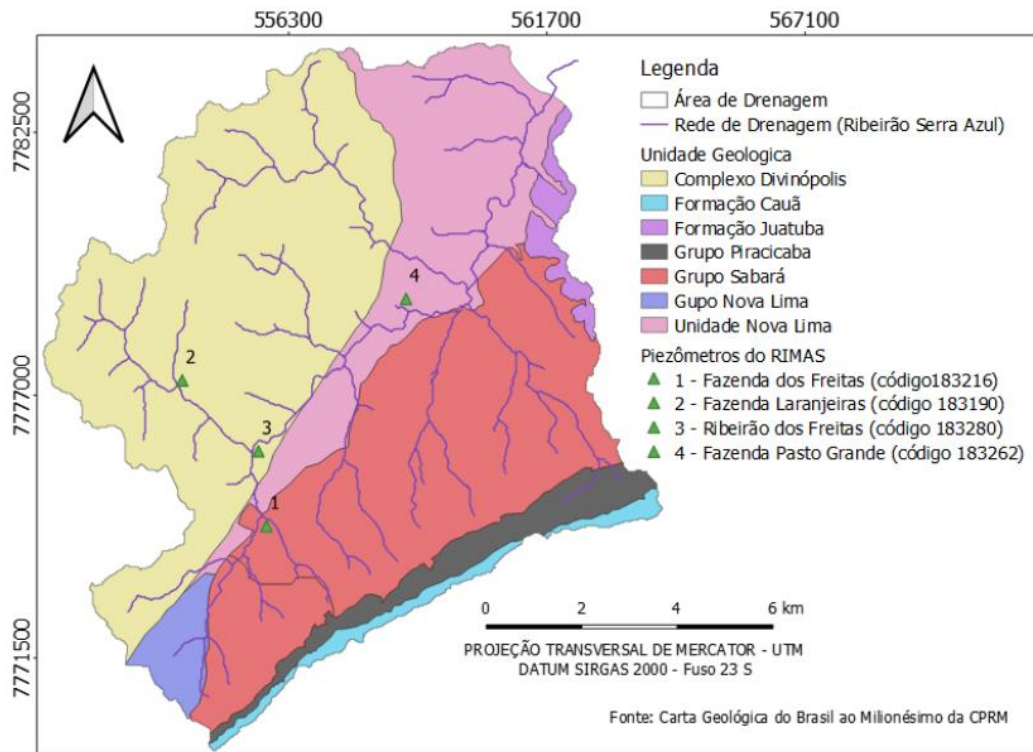


Figura 1. Mapa da área de estudo

ÁREA DE ESTUDO



Segundo Pinto *et al.* (2010), 2 sistemas hidrogeológicos na região:

(1) **aquífero fissural**, que apresenta predominância de rochas cristalinas;

(2) **aquífero granular**, constituído por sedimentos areno-argilosos recentes, ao longo das calhas dos principais cursos d'água da região.

Figura 2. Mapa dos piezômetros e unidades geológicas da região

ÁREA DE ESTUDO

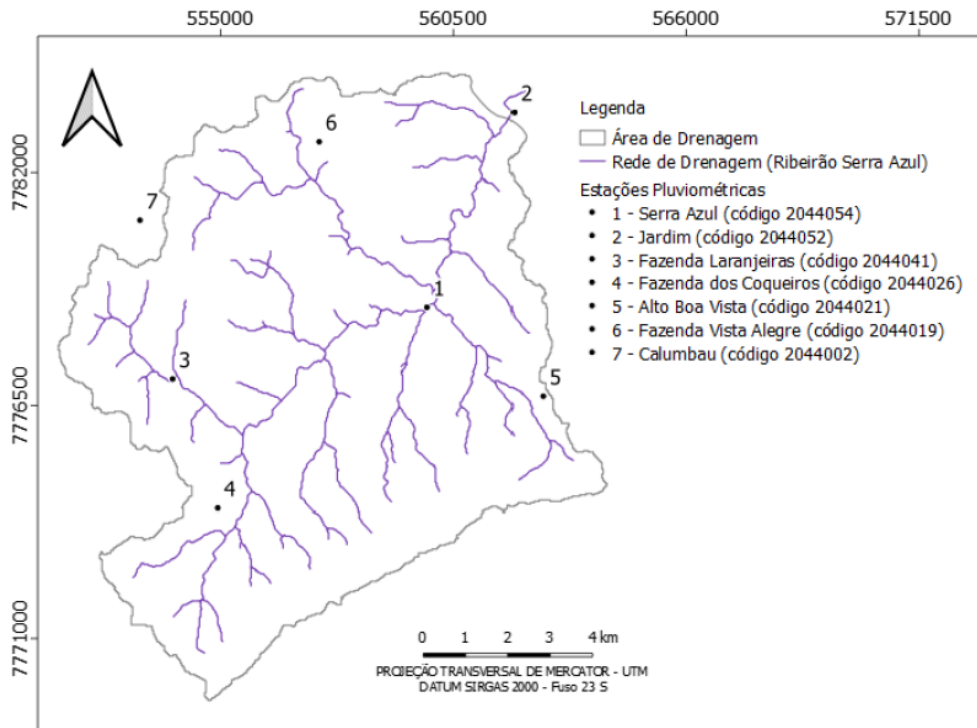


Figura 3. Mapa das estações pluviométricas

OBJETIVO

Estimar a recarga de uma sub-bacia representativa da bacia de Juatuba em Minas Gerais, a qual apresenta aquífero livre e raso, para o ano hidrológico 2012/2013 **pelo método VNA e avaliar as S_y adotadas**, estimadas em função da textura do perfil dos piezômetros, **frente ao comportamento dos componentes do balanço hídrico na zona saturada.**

METODOLOGIA

- Obtenção dados e consistência de precipitação, fluviométrica e nível dos piezômetros;
- Espacialização da precipitação por Thiessen (nível diário);
- Separação do escoamento de base (5 métodos de separação);
- Definição do S_y e seus intervalos: **Argilo-arenosa, média igual a 0,07 com variância de 44% (máximo 0,1 e mínimo 0,04);**
- Cálculo da recarga pelo método VNA para o ano hidrológico 2012/2013 (out/2012 - set/2013);
- Cálculo da variação de armazenamento anual
- Cálculo de ET^{gw} via balanço hídrico da zona saturada.

METODOLOGIA

CÁLCULO DA ET^{gw} VIA BALANÇO HÍDRICO DA ZONA SATURADA

Estimada pelo método VNA

Considerados nulos

$$ET^{gw} = R - \left(\Delta S^{gw} + Q_{bf} + \left(Q_{off}^{gw} - Q_{on}^{gw} \right) \right)$$

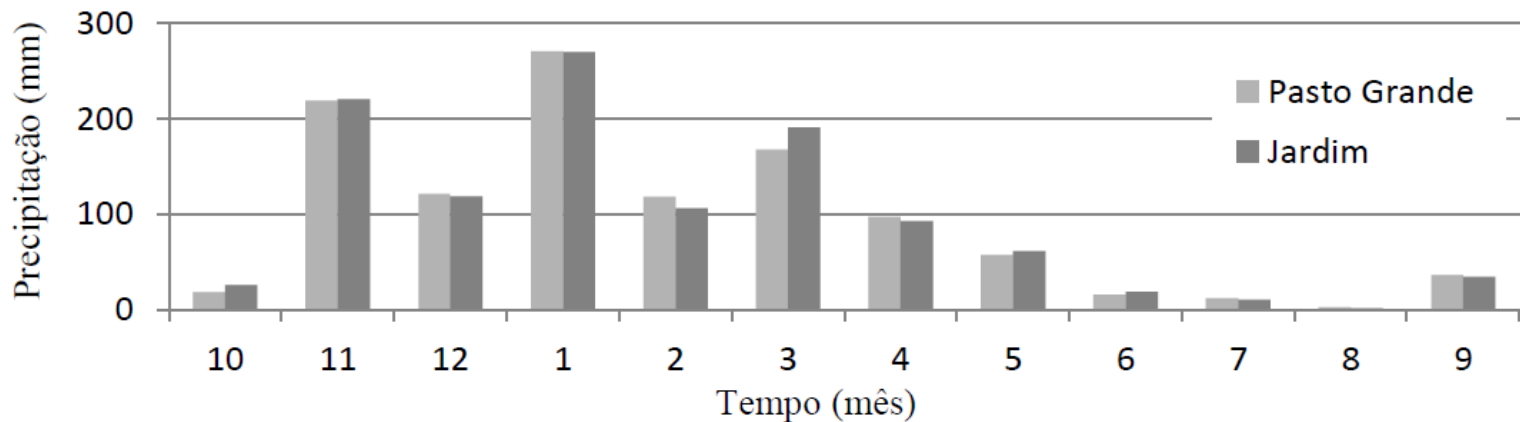
Estimado a partir do
balanço hídrico

estimada através da diferença
entre o nível estático médio
dos piezômetros no inicial e
final do ano hidrológico de
2012/2013.

escoamento de base estimado pela média de
valores obtidos de 5 filtros separação de
escoamento de base (intervalo fixo, intervalo
móvel, mínimo local, filtro de Eckhardt e
filtro Lyne e Hollick)

PRINCIPAIS RESULTADOS

PRECIPITAÇÃO (THIESSEN)



Jardim: 1150 mm/ano

Pasto Grande: 1135 mm/ano

Abaixo da média histórica anual (1462mm)

PRINCIPAIS RESULTADOS

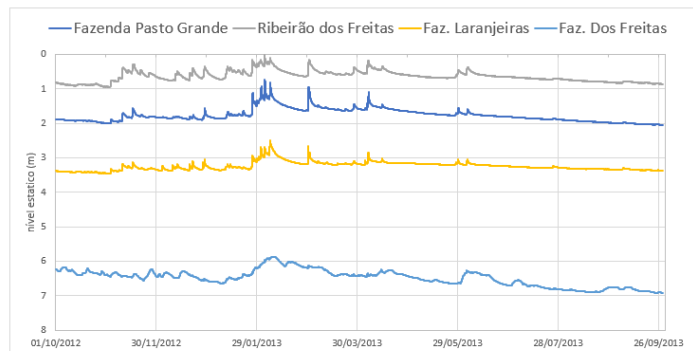
ESCOAMENTO DE BASE

Escoamento de base (mm/ano)						Estatística (mm/ano)				Deflúvio base / Deflúvio total (%)
Estação fluviométrica	Filtro		Intervalo			Máx	Méd	Mín	Amp	
	Eckhardt	Line e Holick	Fixo	Móvel	Mínimo Local					
Jardim (A=113 km²)	190	228	204	209	216	228	210	190	38	81
Pasto Grande (A= 55,6 km²)	243	291	282	290	280	291	277	243	48	84

* A = área de drenagem da estação fluviométrica; Máx= máximo; Méd = média; Mín= mínimo; Amp = amplitude.

PRINCIPAIS RESULTADOS

VARIAÇÃO DO ARMAZENAMENTO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA



Produção Específica	Sy min (0,04)	Sy médio (0,07)	Symáx (0,10)
ΔS^{gw} (mm/ano)	-6,7	-12	-17,7

PRINCIPAIS RESULTADOS

RECARGA VNA

nº	Piezômetros	Características do local			Recarga (mm/ano)		
		Unidade Geológica¹		Solo²	Sy mín (0,04)	Sy méd (0,07)	Sy máx (0,10)
1	Faz. Freitas	Grupo Sabará	Litologia compreende micaxisto, clorita xisto, grauvas, metagrauva, quartzito conglomerático, metachert e alguma formação ferrífera.	Neossolo Litólico	230	410	590
2	Faz. Laranjeiras	Complexo Divinópolis	Predomínio de ortognaisses granodioríticos, graníticos e migmatíticos.	Neossolo Litólico	171	305	439
3	Ribeirão Freitas			Argissolo	231	412	593
4	Faz. Pasto Grande	Unidade Nova Lima	Predominantemente por xistos, com intercalações de quartzitos, anfíbolitos e quartzito ferruginoso, além das rochas básicas e ultrabásicas	Latossolo vermelho-amarelo	227	406	585
Média (mm/ano)					215	383	552

¹ mapa geológico; ² mapa do solo da bacia

PRINCIPAIS RESULTADOS

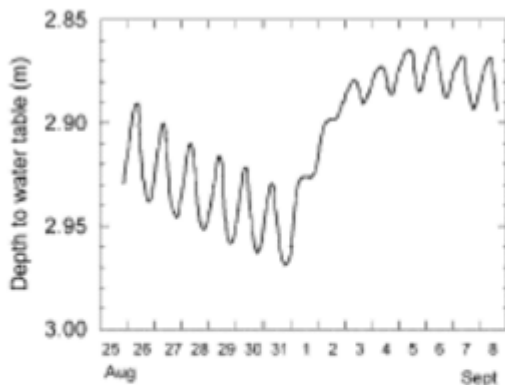
EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

$$ET^{gw} = R - \Delta S^{gw} - Q_{bf}$$

Estação fluviométrica	Evapotranspiração da Água Subterrânea (mm/ano)		
	Sy min (0,04)	Sy máx (0,07)	Sy médio (0,10)
Jardim	11	185	359
Pasto Grande	0	118	292

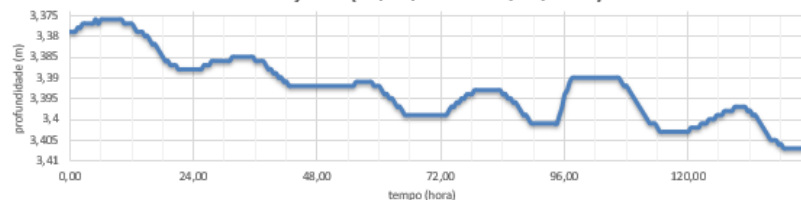
PRINCIPAIS RESULTADOS

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

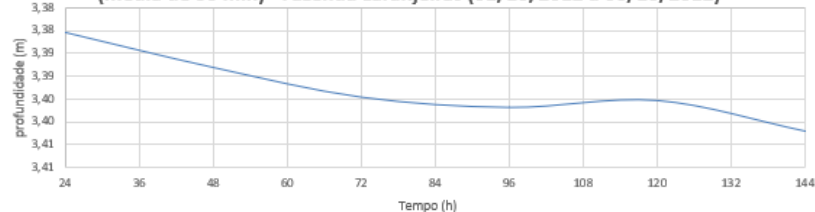


Flutuações diurnas em resposta à evapotranspiração por alfafa no Vale Escalante, Utah, EUA, 25 de agosto para 8 de setembro de 1926. Alfafa foi cortada depois de 31 de agosto. Fonte: White, 1932.

Comportamento da variação do Nível Freático escala de 30 min - Faz Laranjeiras (01/10/2012 a 06/10/2012)



Comportamento da variação do nível freático em escala de 24 horas (média de 30 min) - Fazenda Laranjeiras (01/10/2012 a 06/10/2012)



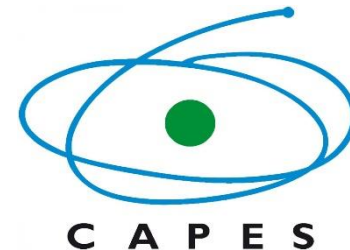
PRINCIPAIS CONCLUSÕES

O balanço hídrico na zona saturada demonstrou relevância na diminuição das incertezas do método VNA.

Entretanto, a aplicação de técnicas para estimar a S_y em campo, como teste de bombeamento e *Slug*, é recomendável para haver uma estimativa de recarga com menos incerteza dentro das limitações do método VNA.

A recarga da área de estudo para o ano hidrológico de 2012/2013 está entre 383 a 552 mm/ano, representando 34% a 47% da precipitação na bacia de estudo

OBRIGADO!



Rodrigo de Paula Hamzi
rodrigo.hamzi@gmail.com