

25<sup>e</sup>  
26  
AGOSTO  
2018



# XII SESMA

SEMINÁRIO ESTADUAL SOBRE  
SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE

II WORKSHOP INTERNACIONAL DE  
**BIORREMEDIÇÃO**  
DE ÁREAS CONTAMINADAS



**RECARGA ARTIFICIAL DE AQUÍFEROS**

**CASE: RECARGA ARTIFICIAL DE AQUÍFERO COM ÁGUA DE CHUVA NA VALE - UNIDADE TUBARÃO (ES)**



Segurança Hídrica Global



**XI SESMA**  
SEMINÁRIO ESTADUAL SOBRE  
SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE

II WORKSHOP INTERNACIONAL DE  
**BIORREMEDIÇÃO**  
DE ÁREAS CONTAMINADAS

Segurança Hídrica Global

**25 e 26** AGOSTO  
2018

## RECARGA ARTIFICIAL DE AQUÍFEROS

### ***Recarga artificial :***

Técnica de gestão de aquíferos frequentemente aplicada a nível internacional. Consiste na introdução de água de forma artificial para o interior de um aquífero

### **Aplicações :**

- ✓ Aumentar e facilitar a infiltração da água para o sistema aquífero;
- ✓ Aumentar a disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos;
- ✓ Controle da intrusão salina;
- ✓ Armazenamento de água, para a regulação temporal da extração de água;
- ✓ Redução da subsidência dos solos;
- ✓ Melhoria da qualidade da água ex. Descarga de água pluviais - remoção de sólidos suspensos pela filtração pelo solo ou através da diluição por mistura com as águas subterrâneas existentes
- ✓ Assegurar um equilíbrio entre a sua captação e renovação.

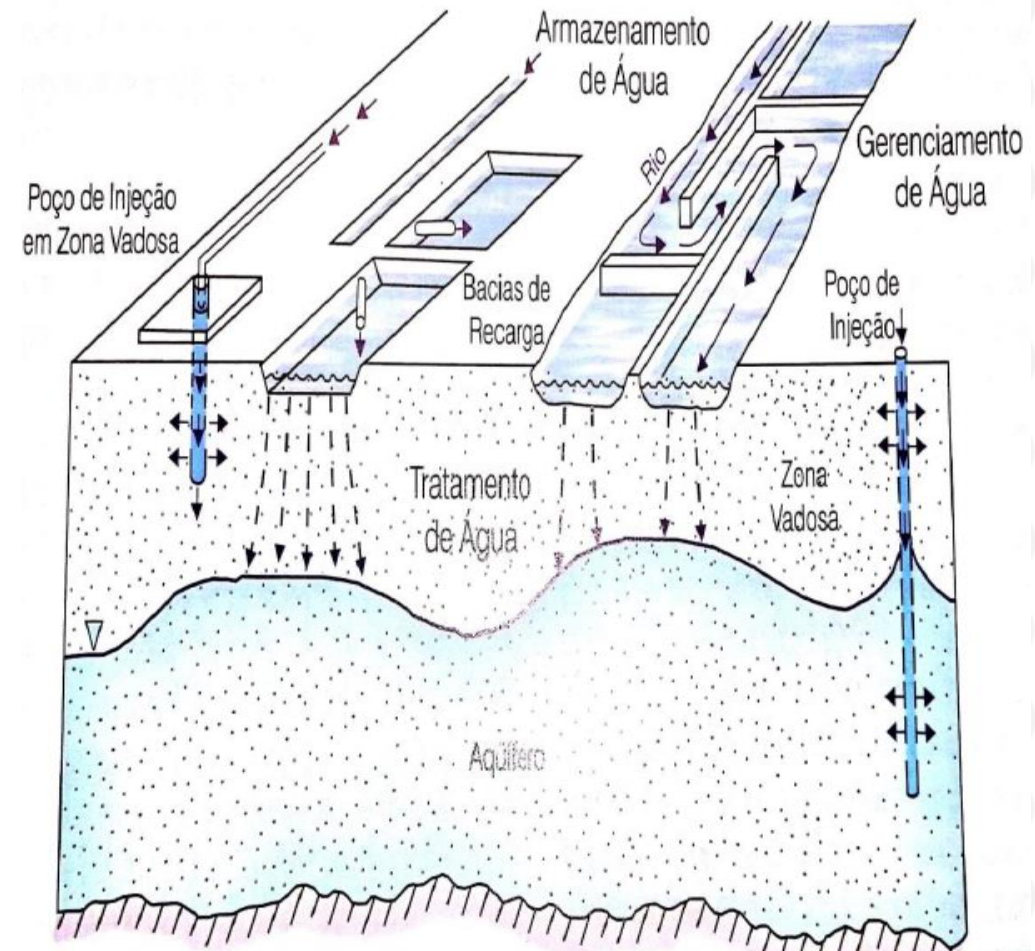
## TIPOS DE RECARGA DE AQUÍFEROS

**Recarga Natural:** precipitação, infiltração a partir dos rios, lagos e outros corpos hídricos superficiais, evapotranspiração e escoamento superficial;

**Recarga Artificial Superficial** - ex. bacias de infiltração, valas de percolação;

**Recarga Artificial em Profundidade** - ex. poços de percolação e injeção, barreira de infiltração.

A **barreira de infiltração** é uma linha de furos pouco distanciados e paralelos ao leito do rio onde através da extração se rebaixa o nível piezométrico e induz a água do rio ou lago infiltrar no aquífero subjacente. Assim assegura uma purificação satisfatória da água do rio pelo solo, através do controle do tempo de infiltração.



Exemplo de métodos de recarga artificial.  
Retirado de (FEITOSA, 2008)



## RECARGA ARTIFICIAL DE AQUÍFEROS - REGULAMENTAÇÃO

**RESOLUÇÃO NO 153, DE 17 DE DEZEMBRO DE 2013**, Estabelece critérios e diretrizes para implantação de Recarga Artificial de Aquíferos no território Brasileiro

**Artigo 3º** A recarga artificial pode ser implantada:

I - A partir da **superfície**, com infiltração de água através de barragens, espalhamento de água, canais, valas, ou a combinação destes;

II - Em **profundidade**, com a injeção direta de água no aquífero através de poços.

**Artigo 4º** A Recarga Artificial de Aquíferos poderá ser executada com o objetivo de:

I - Armazenar água para garantia da segurança hídrica;

II - Estabilizar ou elevar os níveis de água em aquíferos regularizando variações sazonais;

III - Compensar efeitos de super exploração de aquíferos;

IV - Controlar a intrusão salina;

V – Controlar a subsidência do solo;

## RECARGA ARTIFICIAL DE AQUÍFEROS - REGULAMENTAÇÃO (Cont.)

§ 1º Outros objetivos não previstos neste artigo e que impliquem diretamente em recarga artificial de aquíferos serão analisados e deliberados pelas entidades ou órgãos gestores estaduais de recursos hídricos.

§ 2º A presente resolução **não é aplicável para a remediação de aquíferos contaminados por atividade antrópica**, para casos de **recarga acidental** e para processos de **repressurização de formações geológicas** visando recuperação de hidrocarbonetos.

**Artigo 8º** A recarga artificial não poderá causar alteração da qualidade das águas subterrâneas que provoque restrição aos usos preponderantes.

## TIPOS DE ÁGUA DE RECARGA

### Efluente Tratados de sistemas de tratamento de esgoto sanitário

Ex: EUA, Japão e Israel já usam há décadas

#### **Norte da China** - em implantação

550 milhões de pessoas

responsável por 2/3 da produção agrícola chinesa

dispõe de apenas 1/5 da água disponível no país,

O aquífero ( norte de Xangai até o norte de Beijing )declina a uma taxa média de 1,5 m/ano

**Brasil : Sem regulamentação específica** para o uso de esgoto sanitário na recarga.

RESOLUÇÃO NO 153, DE 17 DE DEZEMBRO DE 2013, **Artigo 4º, § 1º** - estabelece que serão analisados e deliberados pelas entidades ou órgãos gestores estaduais de recursos hídricos.

## TIPOS DE ÁGUA DE RECARGA - Cont.

### Água de chuva e de água de mananciais superficiais;

Estes tipos de água de recarga são utilizados geralmente a percolação no solo ao invés da injeção e necessitam de algumas condições para que a recarga seja efetiva:

- ✓ Solos permeáveis com uma taxa de infiltração média superior a 0,8 m/dia;
- ✓ Presença de camada insaturada com capacidade de estocar o volume de recarga pretendido;
- ✓ Ausência de camadas impermeáveis que causem excessiva acumulação de água infiltrada antes de atingir o aquífero;

## Mecanismos Facilitadores de Recarga

- ✓ **Reduzir a evapotranspiração por parte das plantas** - substituir a vegetação com raízes mais profundas por vegetação com raízes mais superficiais, ou substituir por solo sem vegetação;

**Recarga efetiva = Quantidade de água retida - evapotranspiração**

- ✓ Adotar medidas de **acumulação de água em depressões**;
- ✓ remover o material argiloso que se deposita na superfície do solo ;
- ✓ Aumento do espaço de armazenamento através do **rebaixamento do nível piezométrico** pela extração do aquífero mais superficial;
- ✓ Estruturas de recarga - ex: poços de percolação, caixas secas.



# RECARGA ARTIFICIAL DE AQUÍFEROS

**CASE: RECARGA ARTIFICIAL DE AQUÍFERO COM ÁGUA  
DE CHUVA NA VALE - UNIDADE TUBARÃO - ES**

## VALE - UNIDADE TUBARÃO

ÁREA: 14 Km<sup>2</sup> - entre Municípios Vitória e Serra –ES

Cerca de 38% da área é vegetada com espécies nativas dedicadas a recarga natural do Aquífero na VALE - Unidade Tubarão.



## Aquífero Tubarão

Constituído por sedimentos da Formação Barreiras, com aproximadamente 200 m de espessura, sobre um embasamento granito gnáissico.

É formado por interdigitações de camadas descontínuas areníticas fina a grosseira com argilitos.

A interdigitação das camadas indicam ser o aquífero semi-confinado, com sua vulnerabilidade classificada com de grau baixo, segundo metodologia GOD (MAIA,2011)

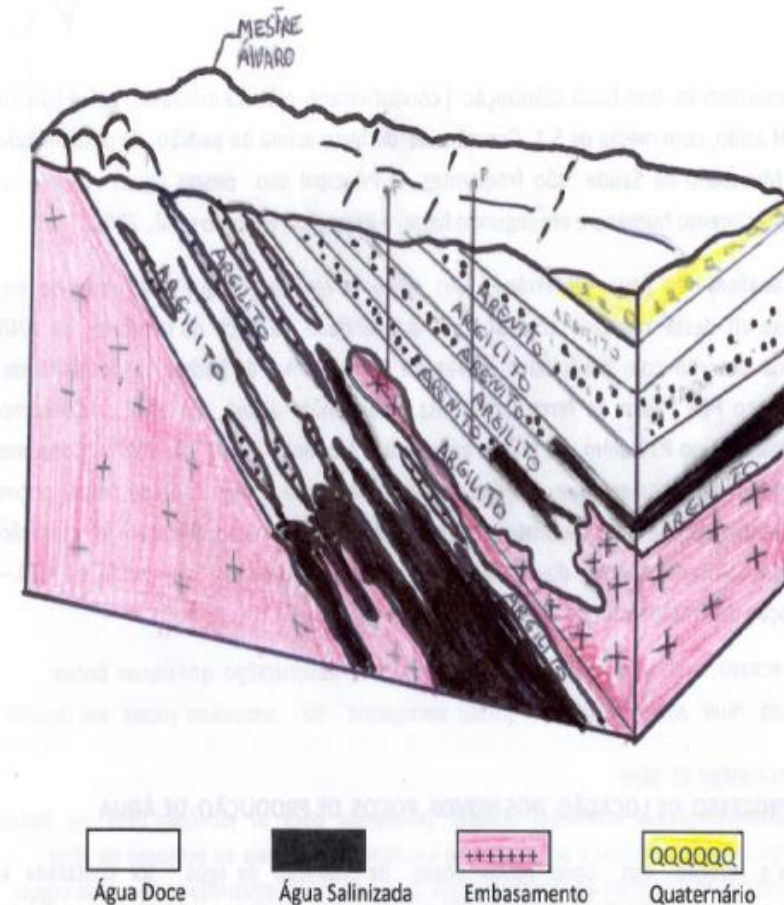


Figura 1 - Modelo Esquemático de água em terraço costeiro para o Complexo Tubarão



## INSTALAÇÃO DAS CAIXAS SECAS - CRITÉRIO DE LOCALIZAÇÃO

Foram instaladas **26 caixas secas** dentro do cinturão verde de recarga natural de forma a reforçar a recarga do aquífero, onde estão localizados os poços de produção de água para a VALE -Unidade Tubarão.

A instalação obedeceu os seguintes critérios:

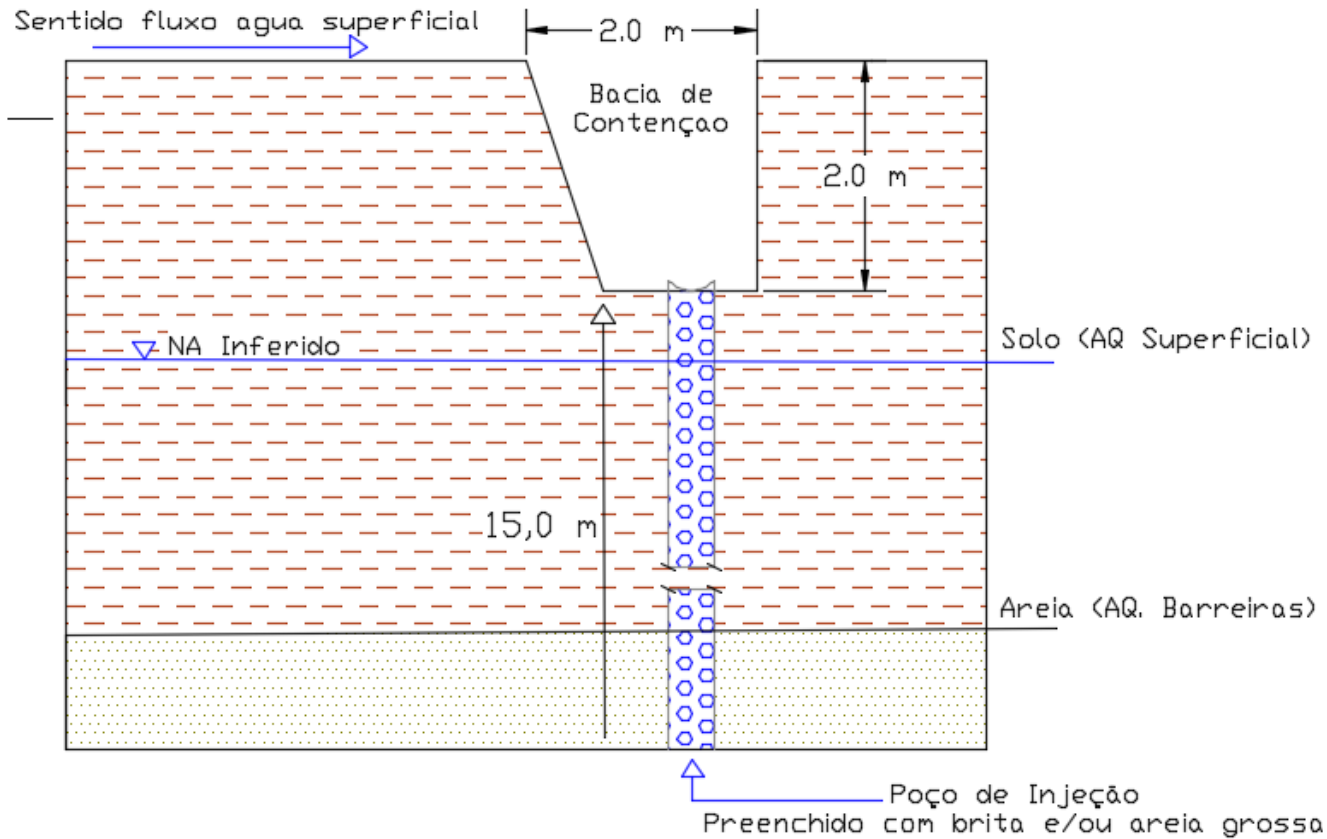
- ✓ Instalação dentro do Cinturão verde de recarga natural;
- ✓ Afastamento de rodovias;
- ✓ Proximidade dos poços de produção;
- ✓ Direcionamento do fluxo superficial da água de chuva;
- ✓ Proximidade de corpos hídricos (lagoa);
- ✓ Solos areno argilosos a arenosos.







## CAIXAS SECAS VALE UNIDADE TUBARÃO(ES) - MODELO CONSTRUTIVO















**XI SESMA**  
SEMINÁRIO ESTADUAL SOBRE  
SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE

II WORKSHOP INTERNACIONAL DE  
**BIORREMEDIÇÃO**  
DE ÁREAS CONTAMINADAS

Segurança Hídrica Global

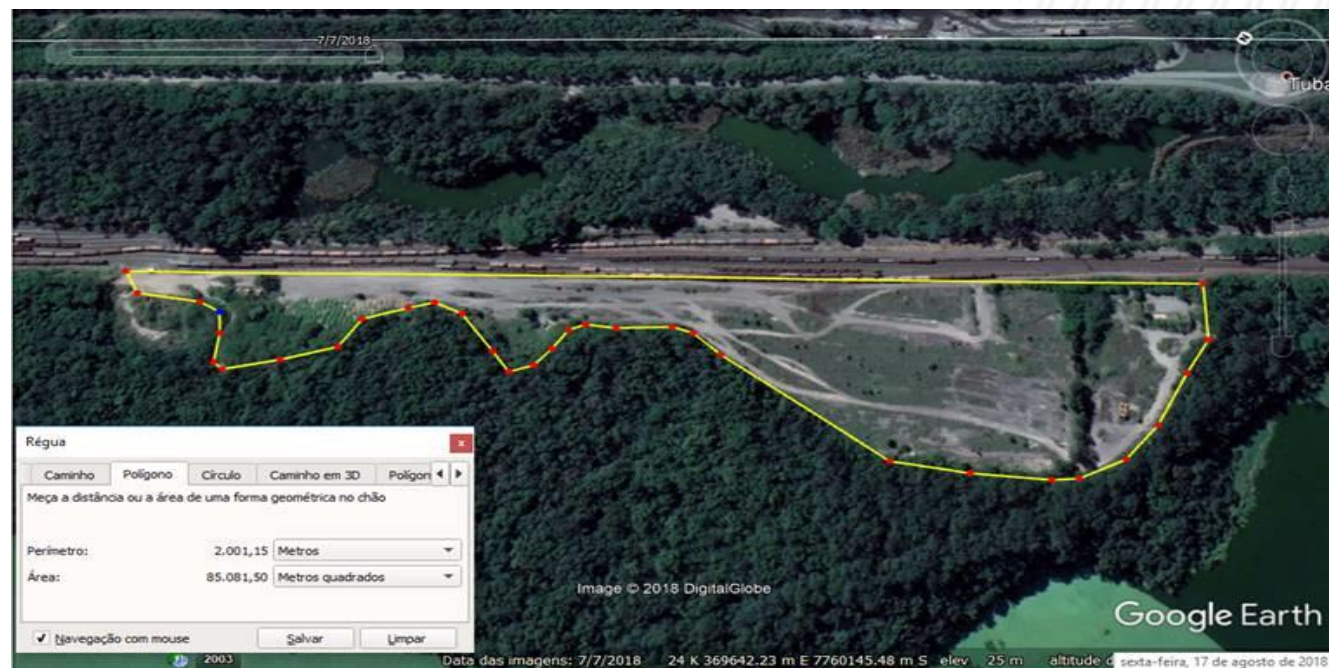
**25 e 26** AGOSTO  
2018



## MONITORAMENTO DA EFICÁCIA DO MÉTODO

O monitoramento é feito através de três piezômetros (CXS PM01, CXS PM02 e CXS PM03) instalados próximos a região de concentração das caixas secas. São feitas leituras diárias do nível estático (NE) dos piezômetros, sendo estes dados comparados com a precipitação ocorrida na região.

Os gráficos abaixo mostram que o **nível estático na região sob influência das caixas secas chega a subir 2,0 metros em relação ao nível registrado no período de seca.**



**85.000 m<sup>2</sup> – tamanho da região de influência de uma parte das caixas secas instaladas na VALE Unidade Tubarão.**



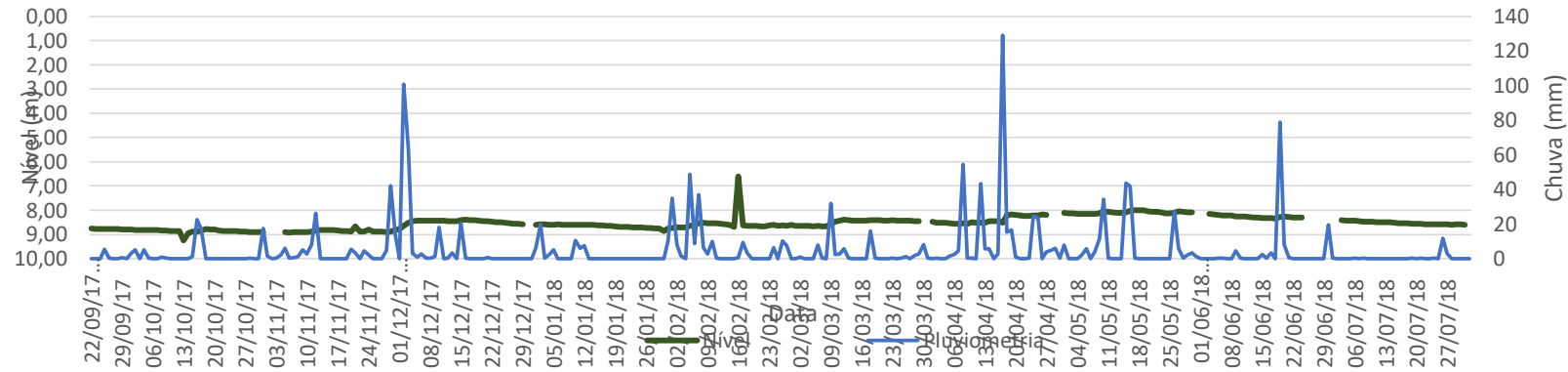


**XIISESMA**  
SEMINÁRIO ESTADUAL SOBRE  
SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE  
II WORKSHOP INTERNACIONAL DE  
**BIORREMEDIAÇÃO**  
DE ÁREAS CONTAMINADAS

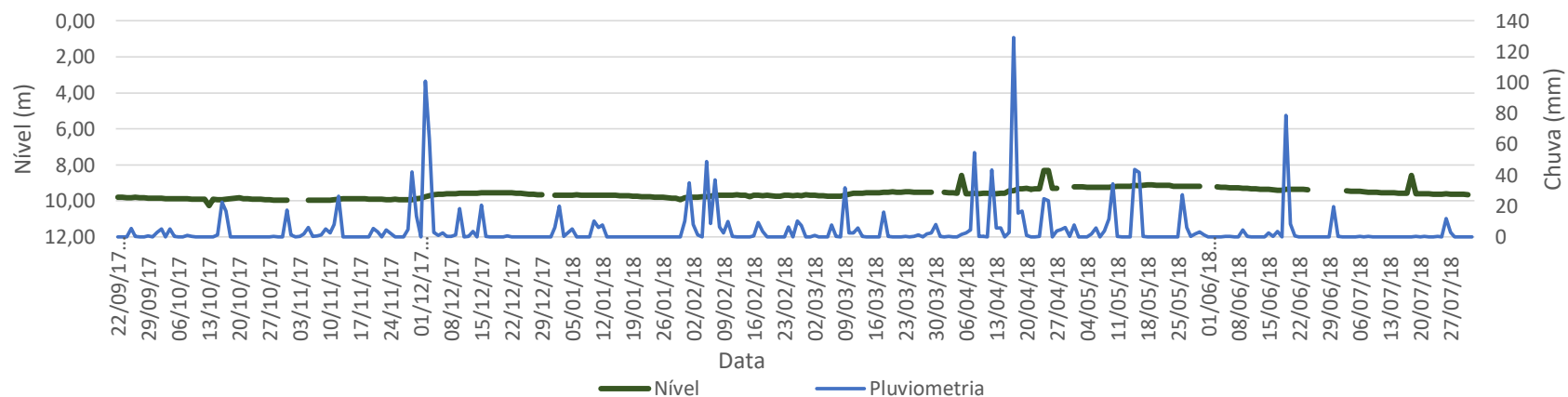
Segurança Hídrica Global

**25 e 26** AGOSTO  
2018

## CXS PM 01

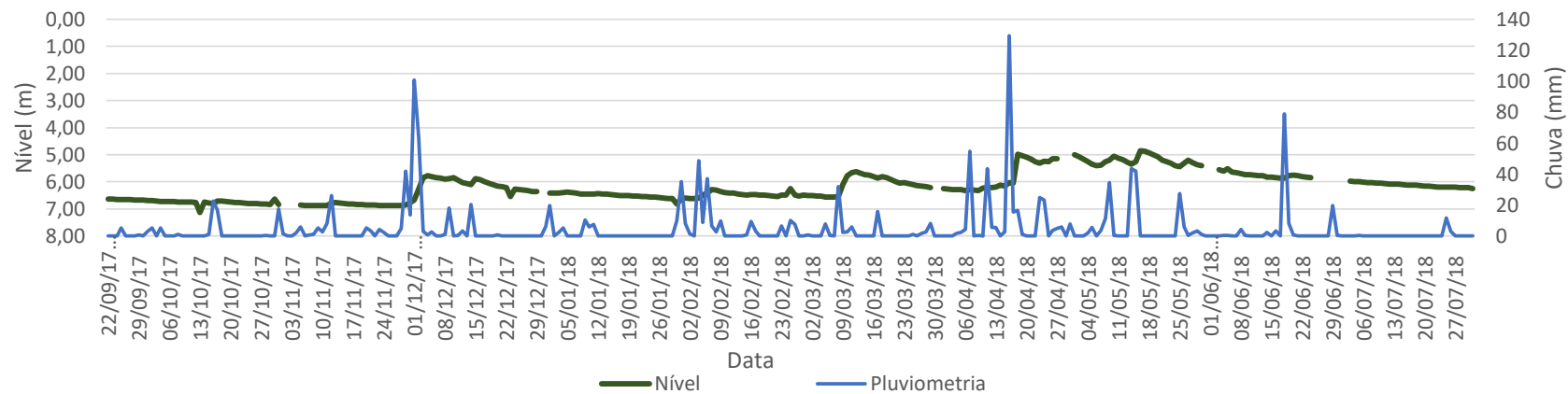


## CXS PM 02





### CXS PM 03



## CONCLUSÕES

A segurança hídrica para ser almeja é preciso se ter um bom conhecimento e uma boa gestão dos aquíferos brasileiros e para tal, a técnica de recarga artificial mostra-se como uma excelente ferramenta.

Através da recarga artificial é possível amenizar os efeitos dos períodos de seca recarregando o aquífero nos períodos chuvosos. É possível reter a água por mais tempo nos aquíferos, reduzindo também o efeito da evaporação.

Ressalta-se que muitos são os parâmetros que influenciam uma boa recarga do aquífero e por tanto, para se ter bons resultados não se deve generalizar.



Segurança Hídrica Global

25 e 26 AGOSTO  
2018

# Obrigada!!

Renata Frank  
Geóloga Especialista  
VALE S.A

[Renata.frank@vale.com](mailto:Renata.frank@vale.com)

Tel: 27 3333 4760/ 27 988163767

