

# IRRIGAÇÃO DO CAFEEIRO: TENDÊNCIAS....

---

**PROF. DR. ANDRÉ LUÍS TEIXEIRA FERNANDES**

PRÓ REITOR DE PESQUISA, PÓS GRADUAÇÃO E EXTENSÃO – UNIUBE

[andre.fernandes@uniube.br](mailto:andre.fernandes@uniube.br)

# OS PROBLEMAS



Os dez maiores problemas para a humanidade nos próximos 50 anos

**AGRICULTURA BRASILEIRA** = Potencial solução dos problemas ?

**1 Energia\***

**2 Água\***

**3 Alimentos\***

**4 Meio ambiente\***

**5 Pobreza\***

**6 Educação\***

**7 Democracia\***

**8 População\***

**9 Doenças\***

**10 Terrorismo & guerra\***

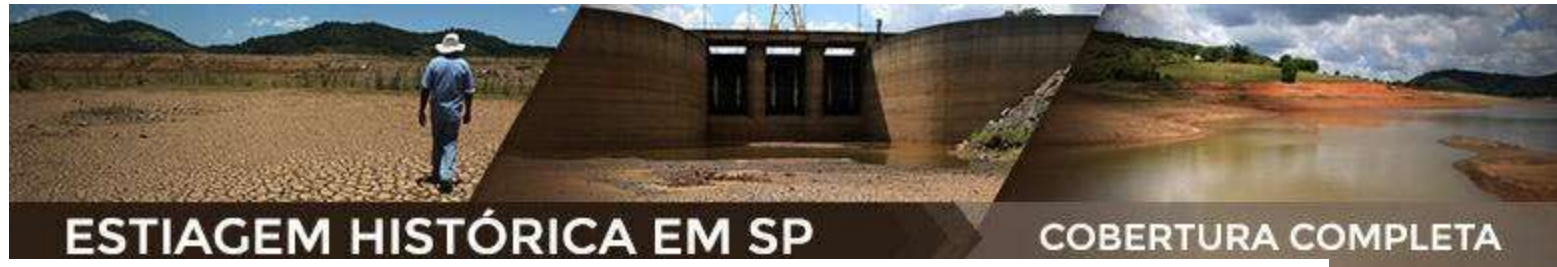
\* Não existe teoricamente ordem de importância entre os problemas, entretanto alguns estão em maior evidência.



**ÁGUA:**  
VAI ESPERAR ACABAR  
PARA ECONOMIZAR?







19/10/2014 às 08h55

## Com crise hídrica em SP, estocar galões de água vira rotina para paulistanos

Nos supermercados, é possível ver movimentação para manter prateleiras abastecidas

18/10/2014 às 14h37 (Atualizado em 18/10/2014 às 14h38)

## Falta de água provoca protesto no interior de SP

Dezenas de moradores de Bauru interditaram trecho da rodovia SP-294 na noite desta sexta

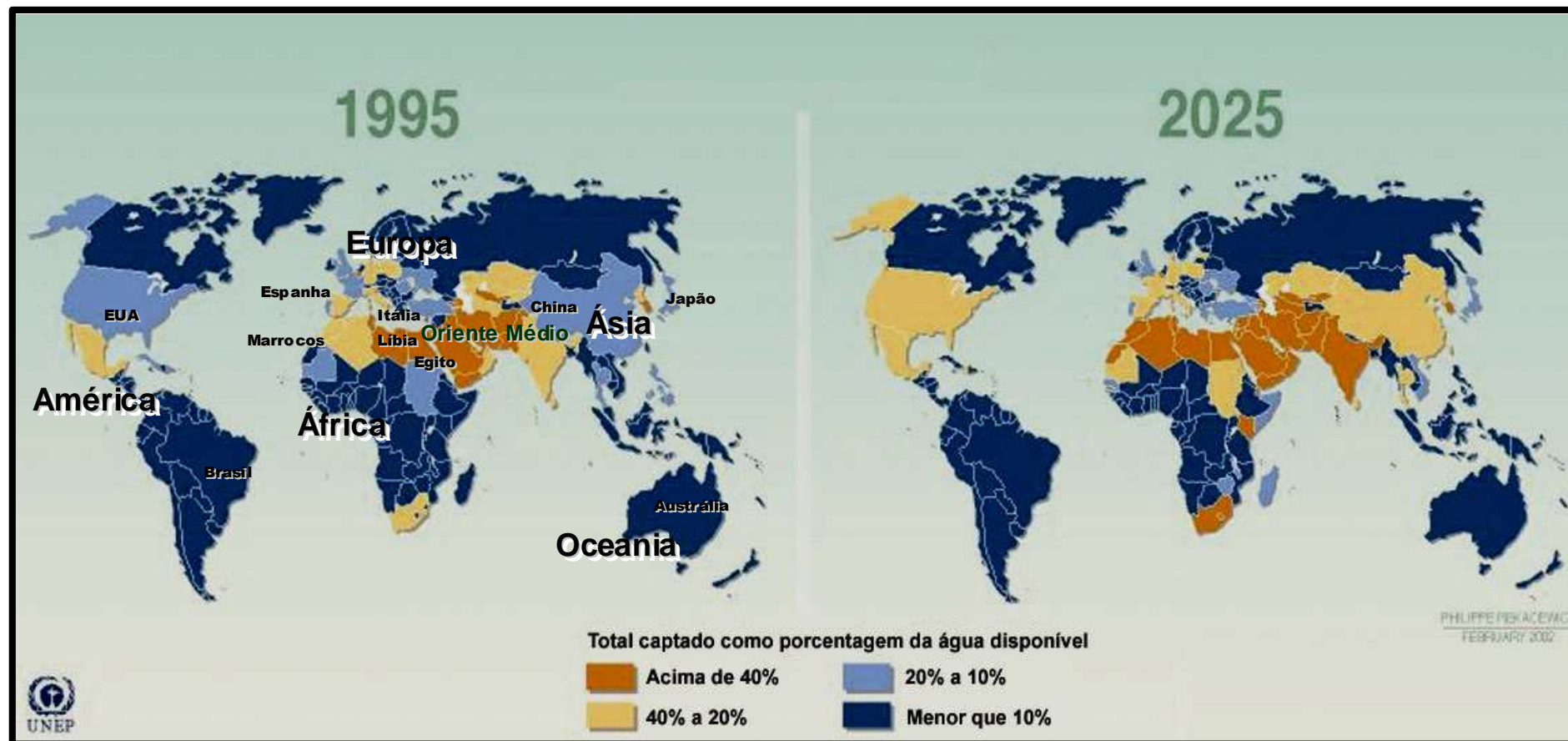
18/10/2014 às 09h44 (Atualizado em 18/10/2014 às 11h51)

## Nível do Sistema Cantareira cai para 3,8%

ANA concorda com utilização da segunda reserva técnica de água do reservatório



# Consumo de água no Mundo



Situação comparada de escassez de água no mundo



# Quantidade de água disponível



Estados Unidos:  $\frac{600 \text{ L por habitante}}{\text{dia}}$



Sertão:  $\frac{10 \text{ L por habitante}}{\text{dia}}$

# Situação Mundial

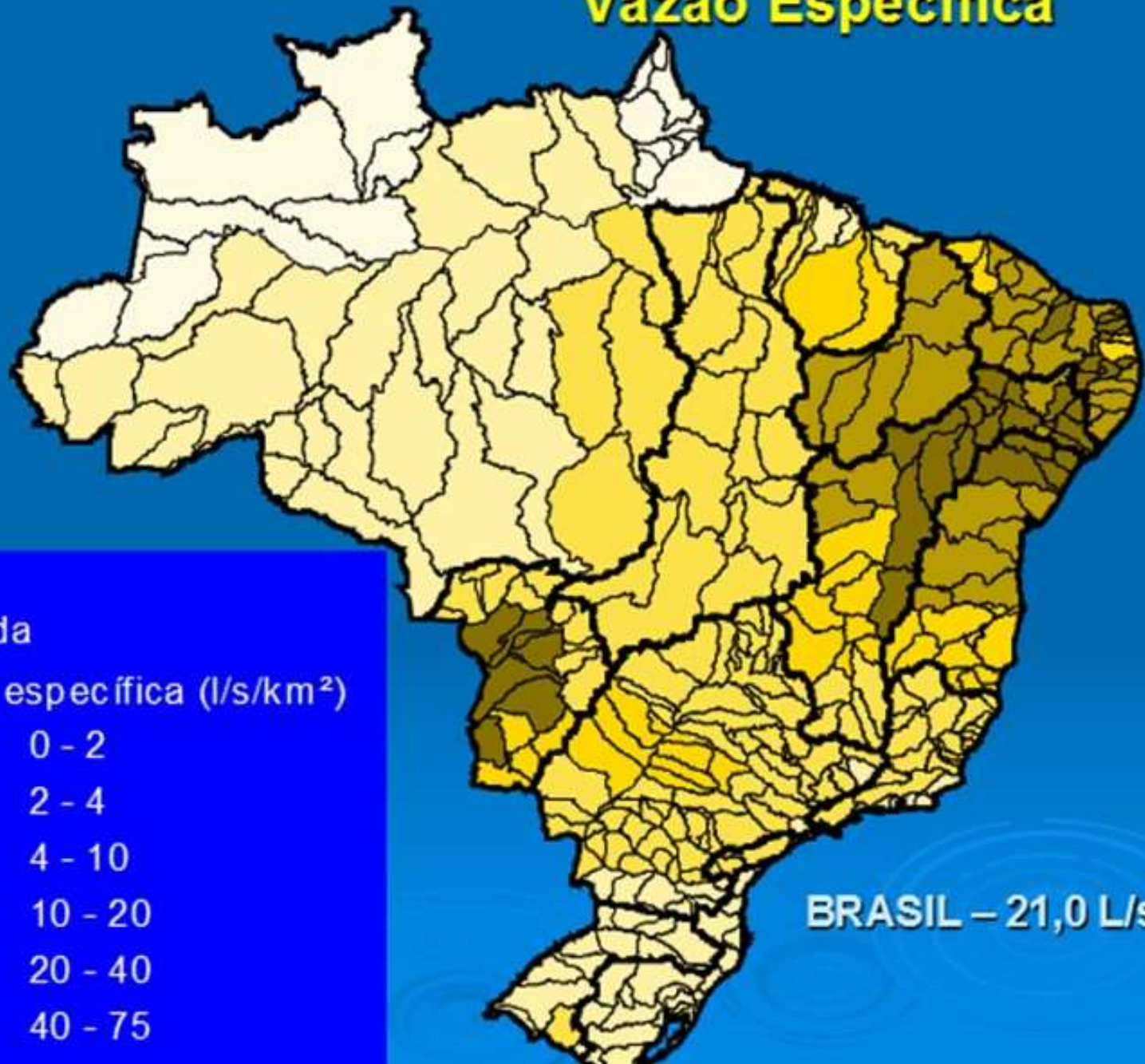
**Nos últimos 50 anos o consumo global de água aumentou de 1.060 km<sup>3</sup> /ano para 4.130 km<sup>3</sup>/ano.**

# Situação Mundial

**Atualmente a população mundial consome cerca de 50% dos recursos hídricos acessíveis, estima-se que em 2025 este consumo será por volta de 75%.**



# Vazão Específica



## Legenda

Vazão específica (l/s/km<sup>2</sup>)

- 0 - 2
- 2 - 4
- 4 - 10
- 10 - 20
- 20 - 40
- 40 - 75

BRASIL – 21,0 L/s/km<sup>2</sup>

# QUADRO ATUAL

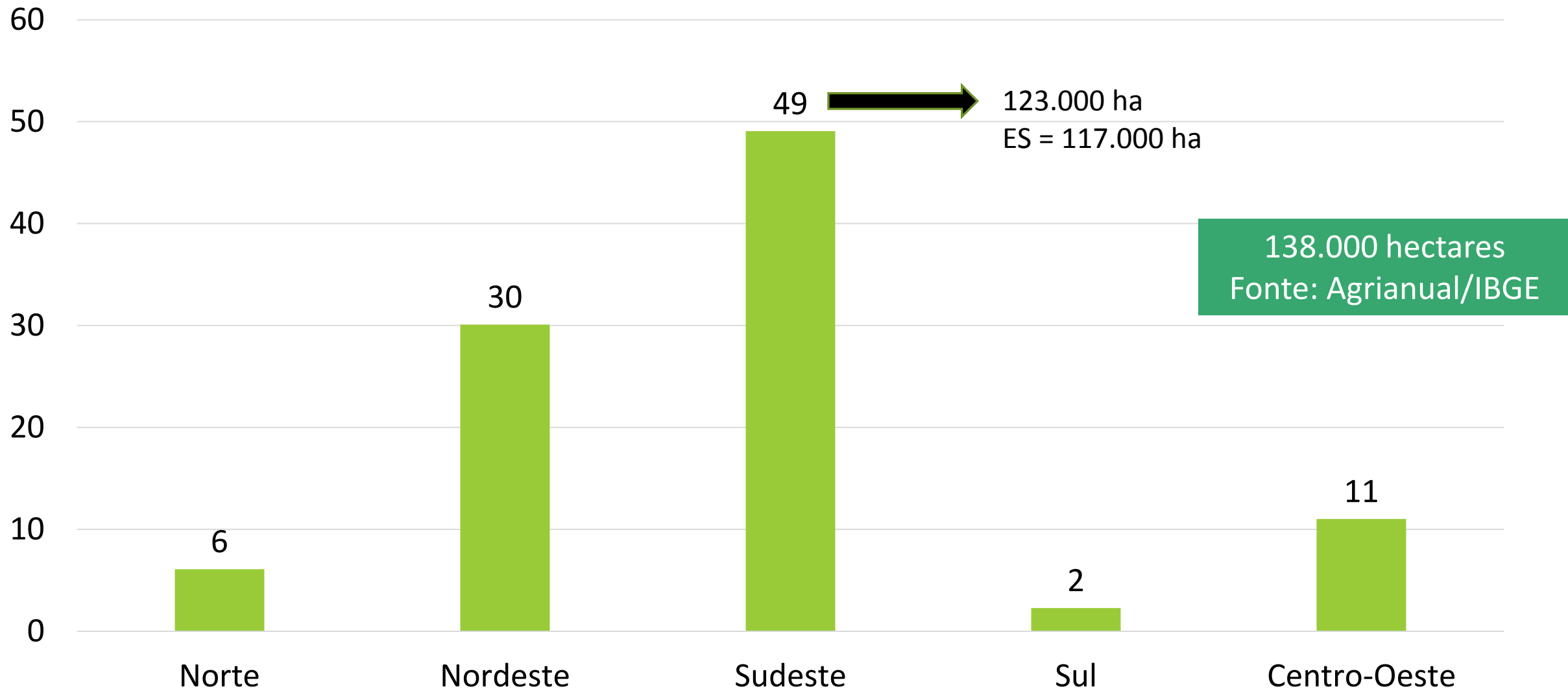
---

1. CLIMA DESFAVORÁVEL (BALANÇO HÍDRICO)

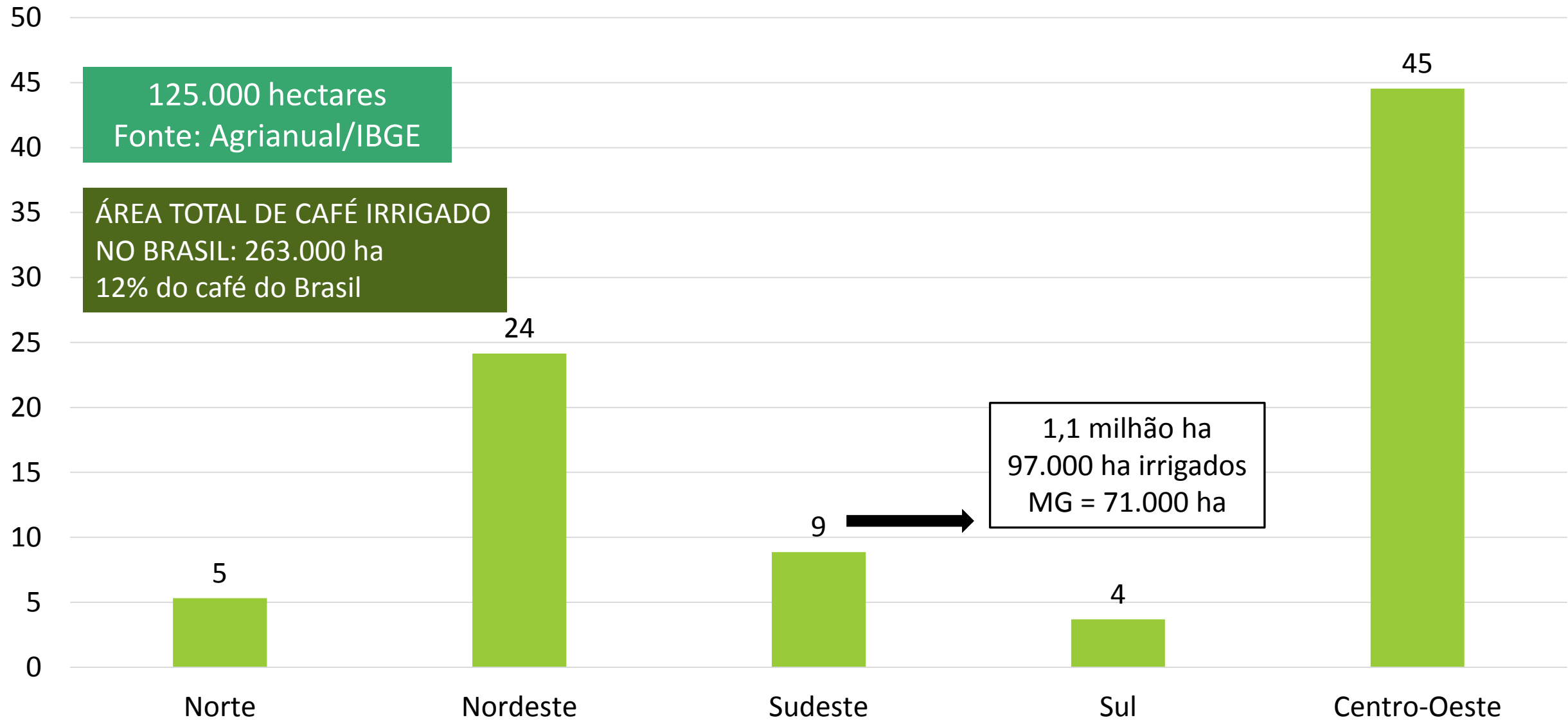
EVAPOTRANSPIRAÇÃO >> PRECIPITAÇÃO (CHUVA)



## Área de café robusta irrigada (% por região)

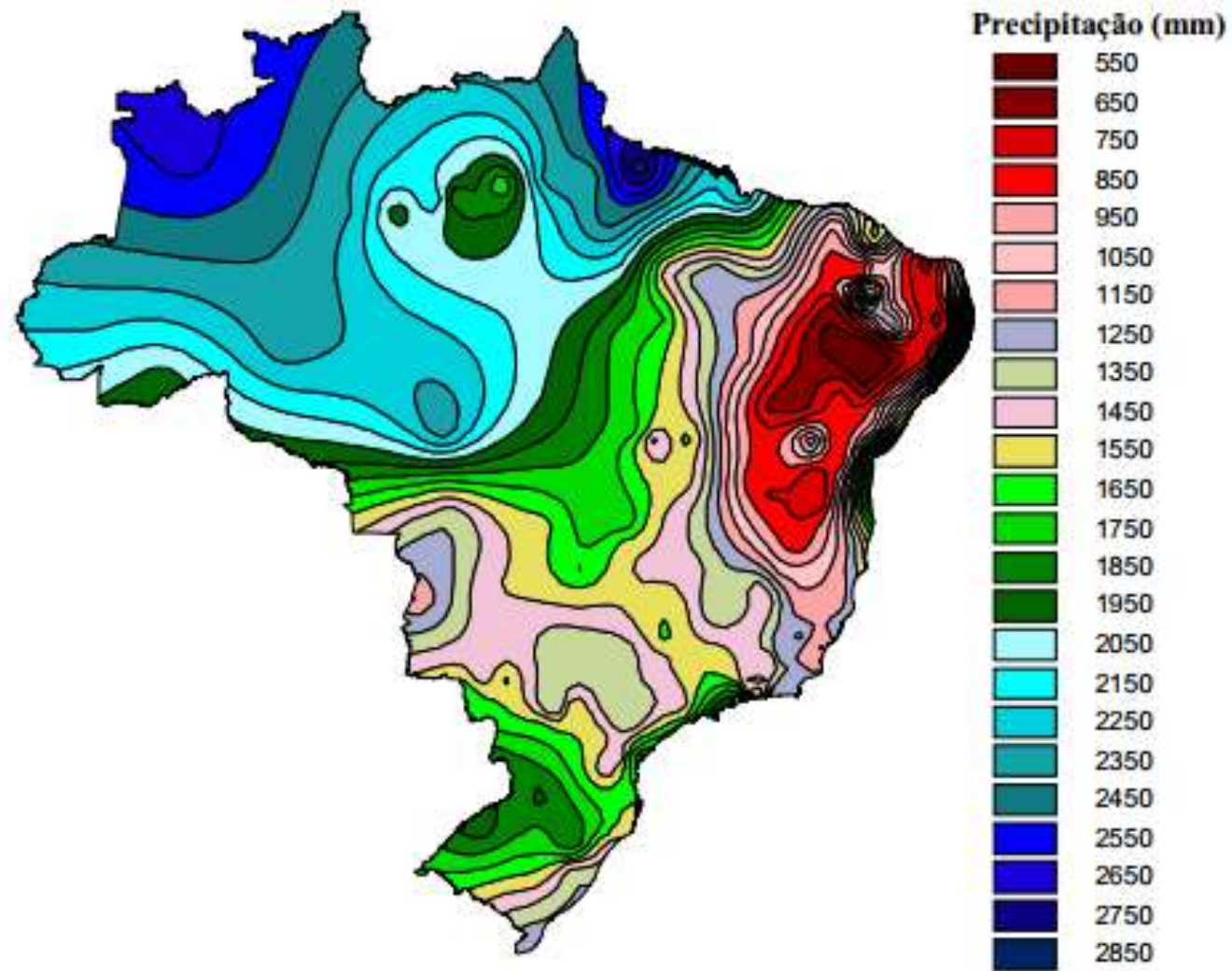


## Área irrigada de café arábica (% por região)



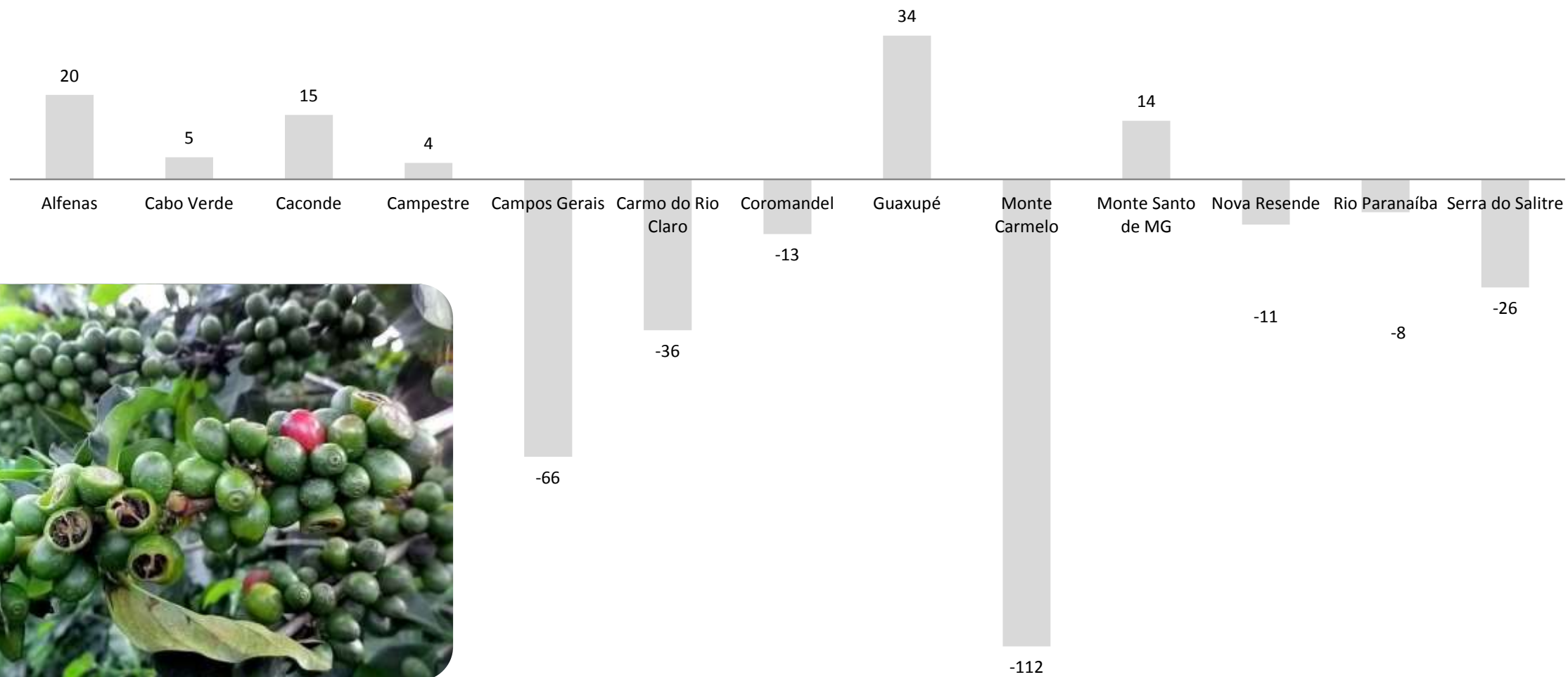


No país, a precipitação média anual é de 1.797 mm, variando desde menos de 800 mm, na região semi-árida do Nordeste, a mais de 2.500 mm, na Amazônia

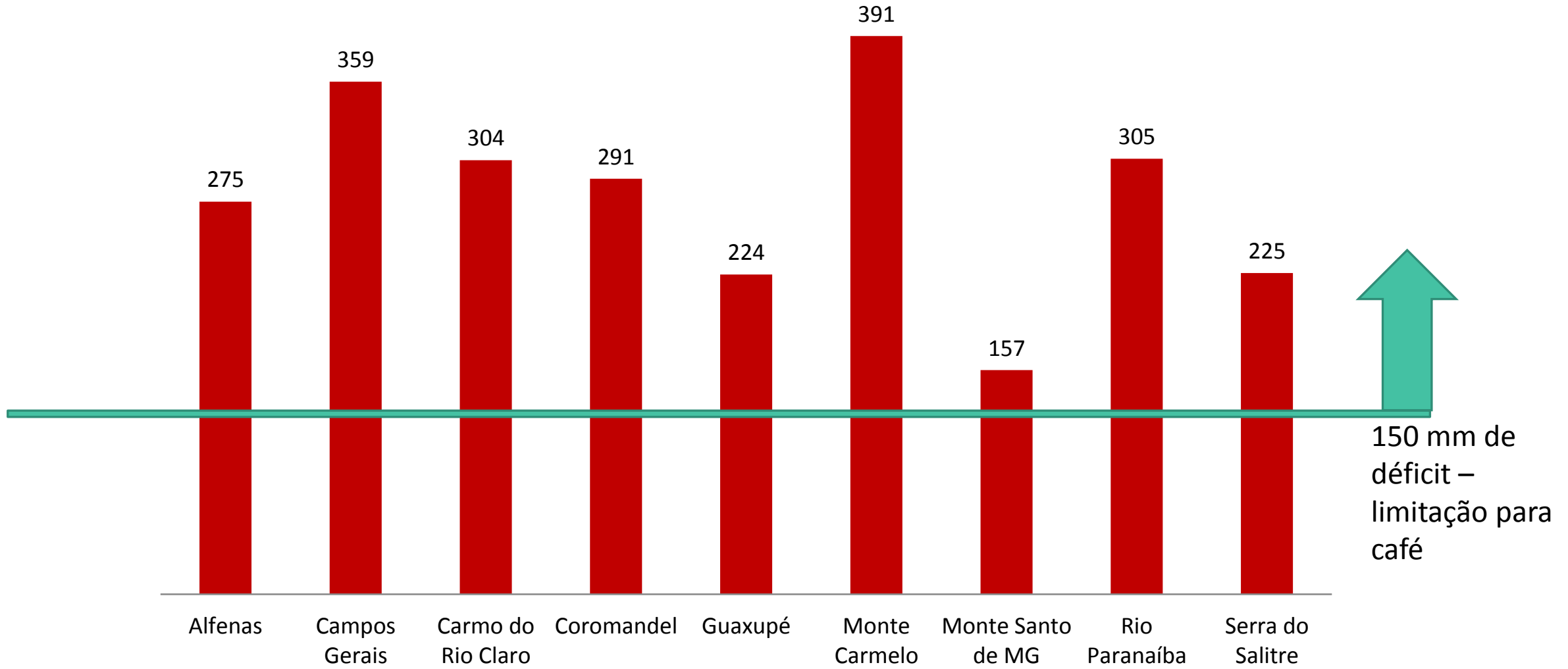


## Precipitação até outubro (diferença percentual entre 2014 e 2013)

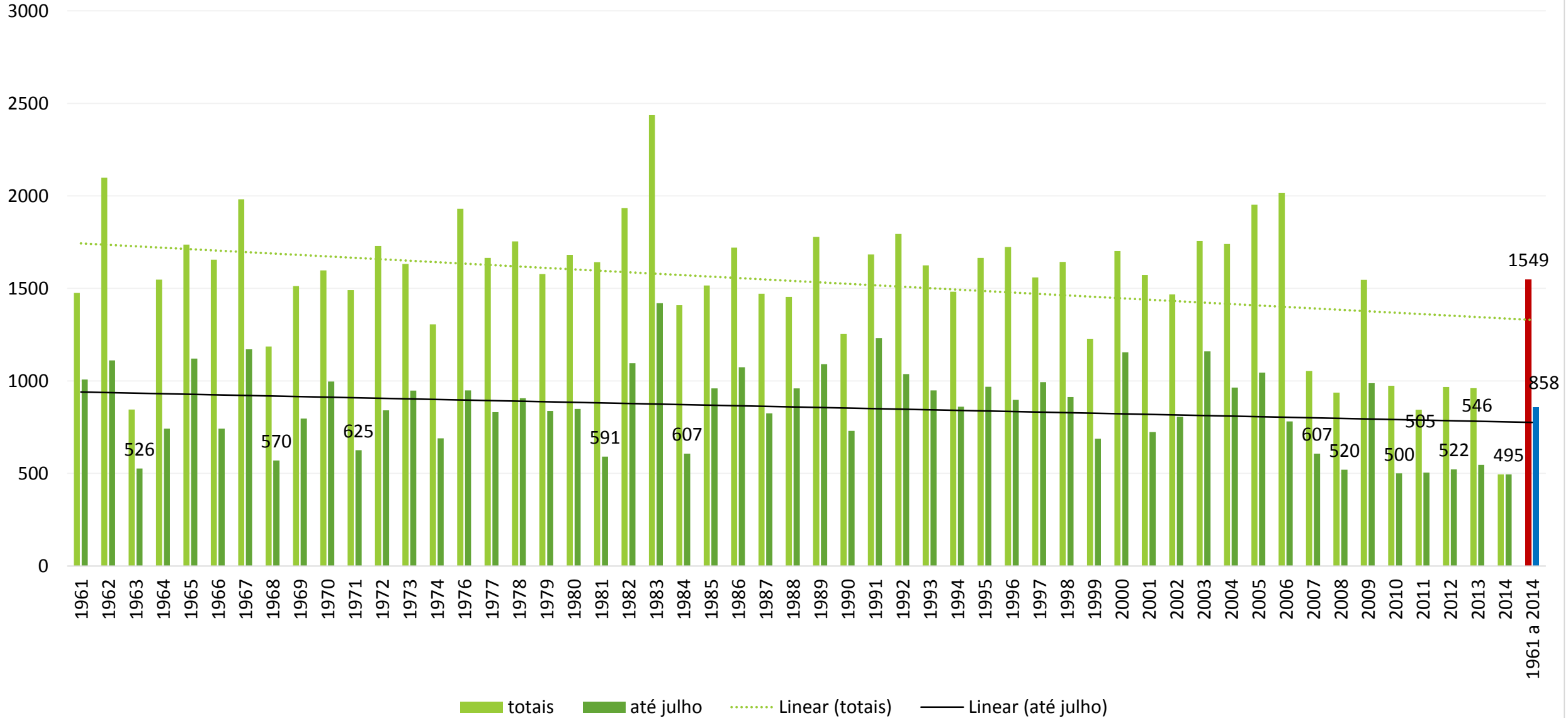
Fonte: Cooxupé



**Déficit hídrico até outubro/2014, em milímetros**  
**Fonte: Cooxupé**



# Precipitação Mogiana Paulista (Oficial INMET 1961-2014)



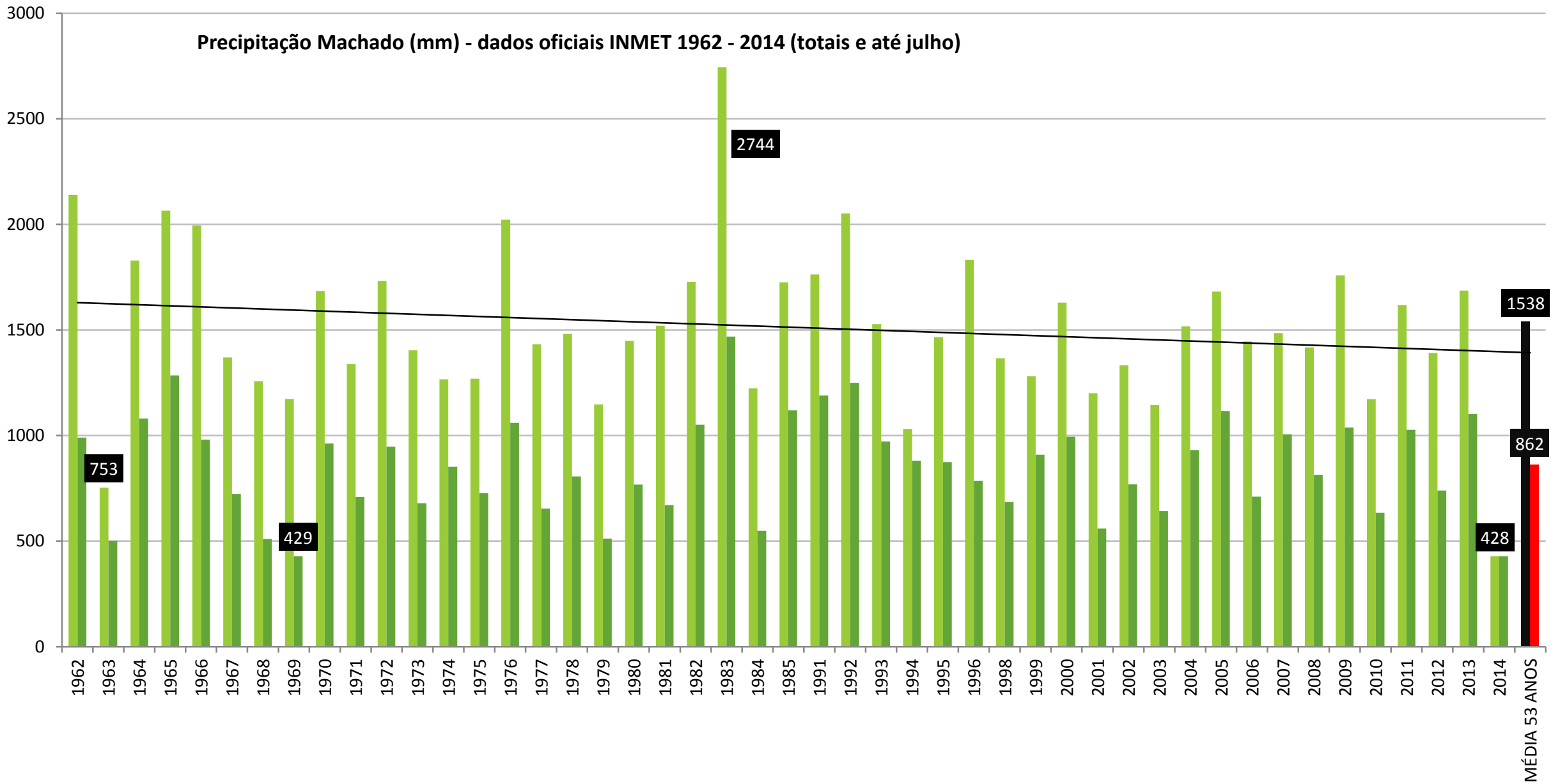




**Mogiana  
Paulista**  
Fotos de  
Marcelo  
Jordão



Precipitação Machado (mm) - dados oficiais INMET 1962 - 2014 (totais e até julho)



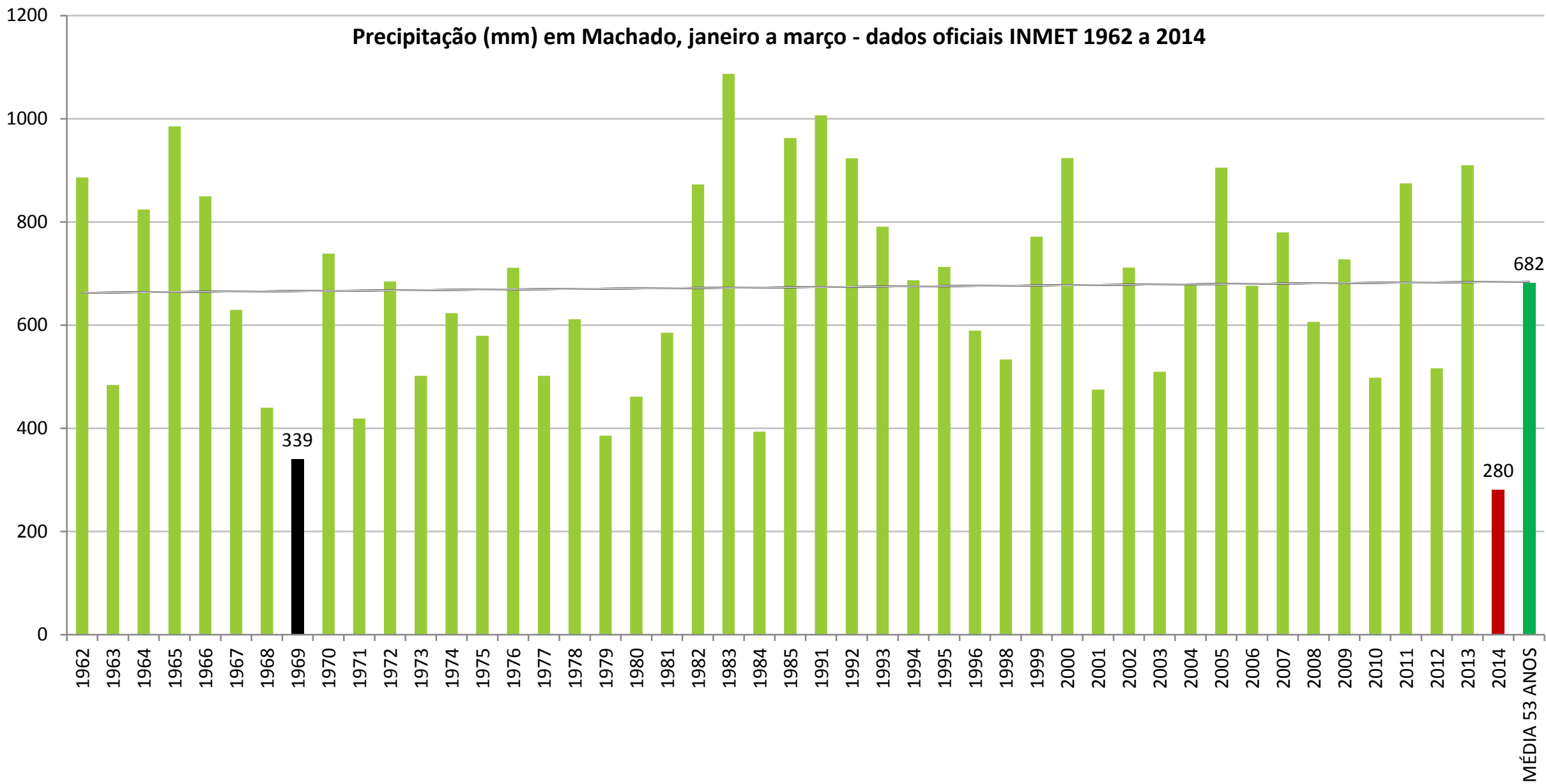




Serra Negra  
30/10/2014



Precipitação (mm) em Machado, janeiro a março - dados oficiais INMET 1962 a 2014

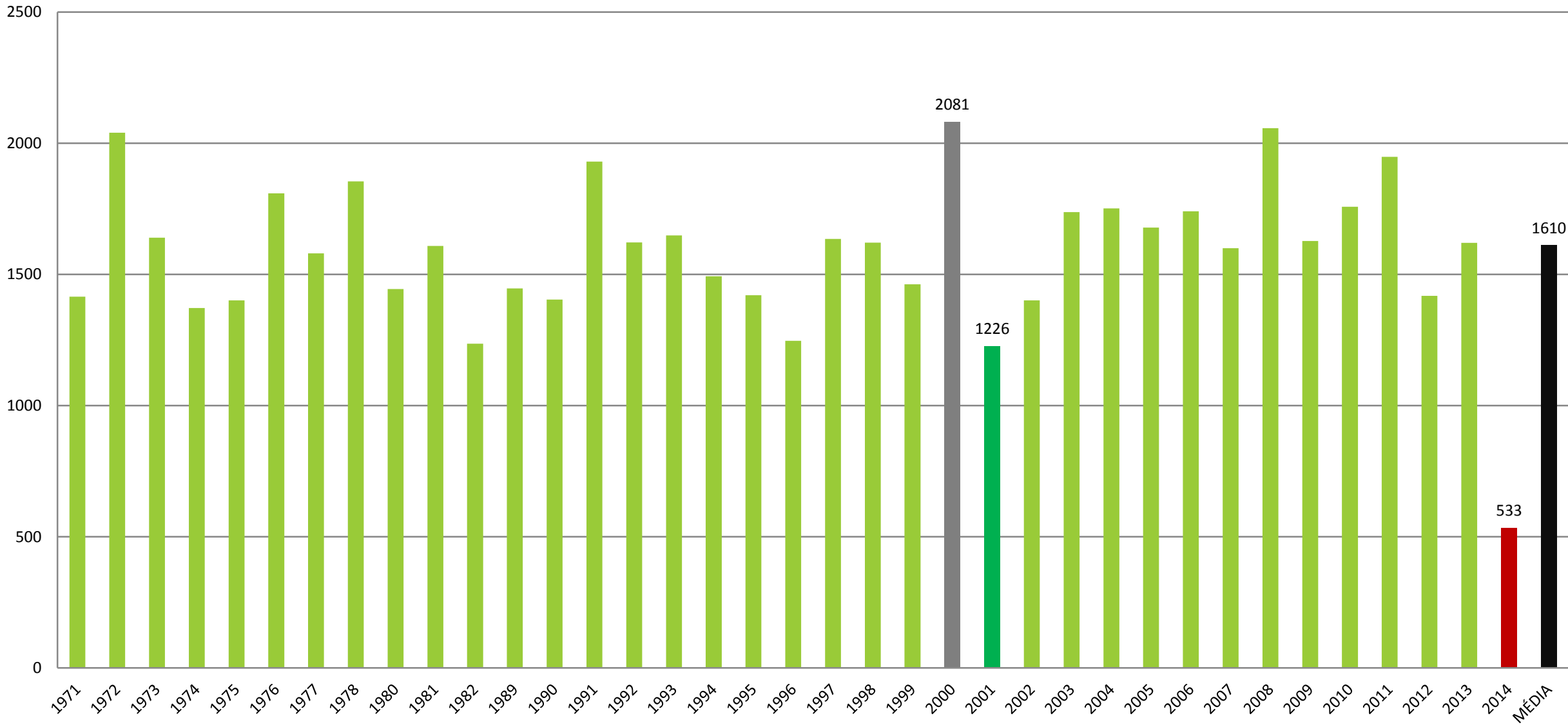




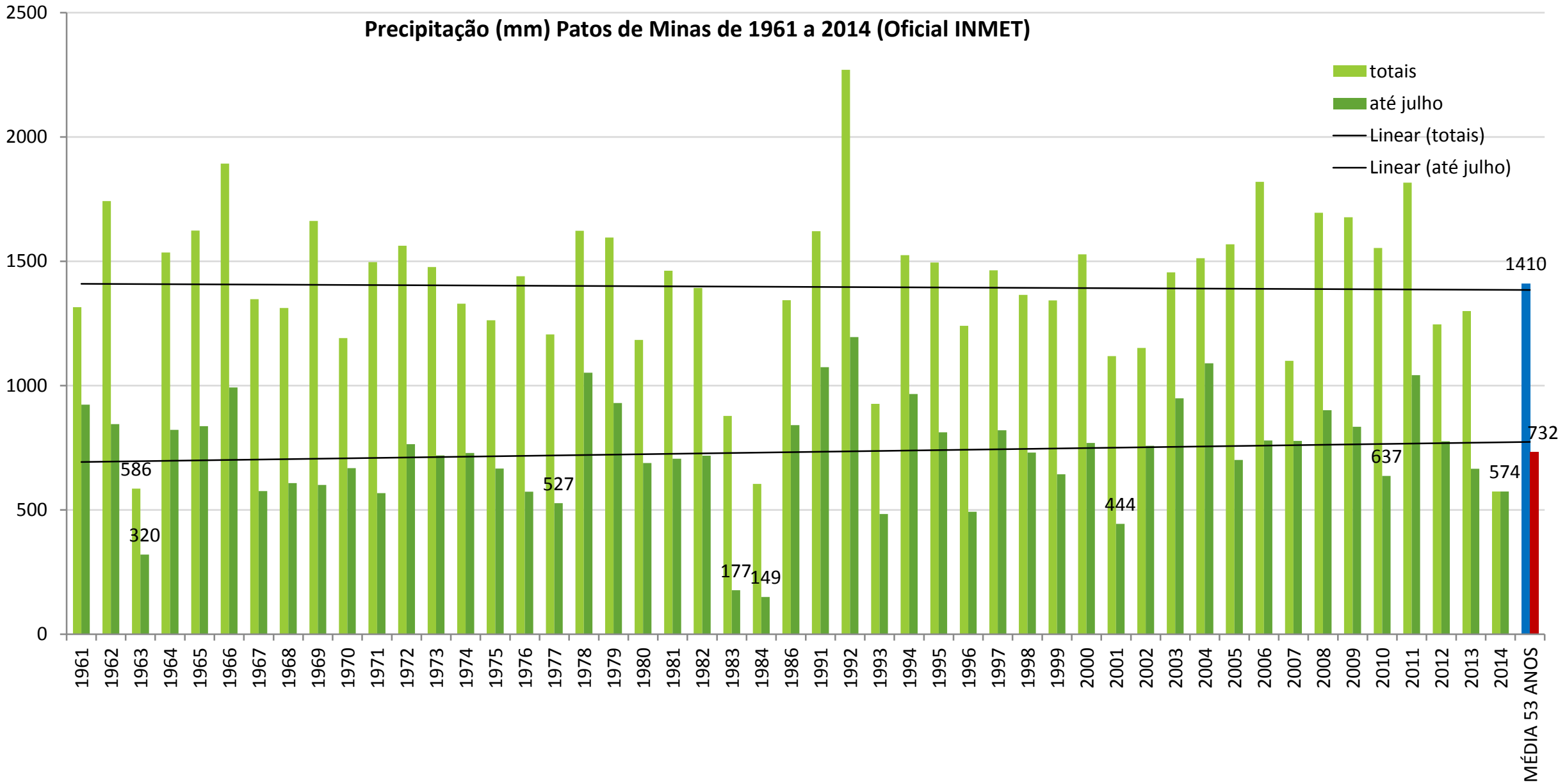




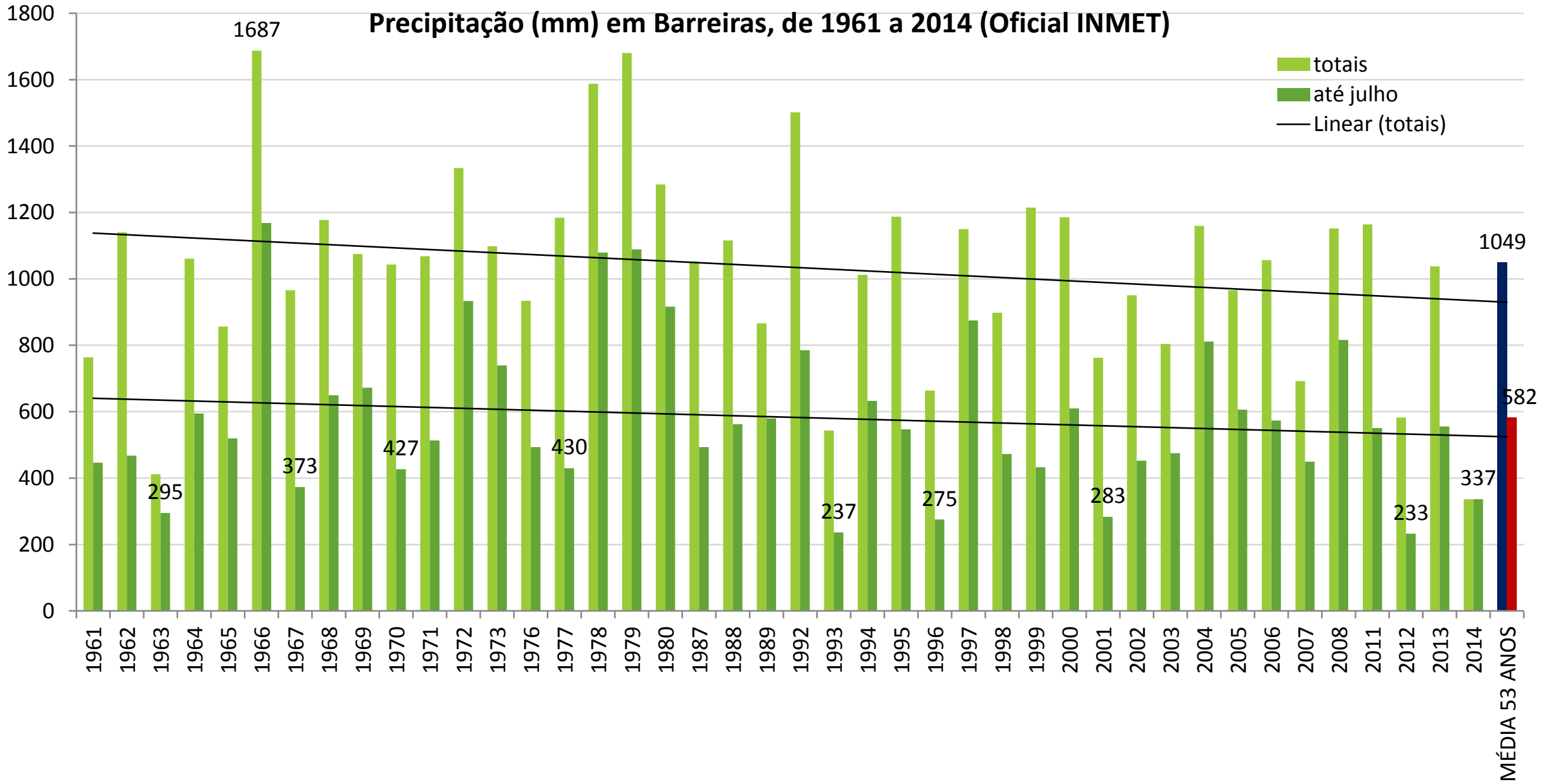
# Precipitação (mm de chuva) em Uberaba (1971 a 2013)



# Precipitação (mm) Patos de Minas de 1961 a 2014 (Oficial INMET)



# Precipitação (mm) em Barreiras, de 1961 a 2014 (Oficial INMET)





## BALANÇO HÍDRICO - CAFÉ IRRIGADO

Município	Irrigação (mm)	Chuva	ET <sub>o</sub> (mm/dia)	ET <sub>pc</sub> (mm)	ET <sub>c</sub>		Lâmina mínima (mm/21h)	
					(mm)	(mm/dia máx.)		Redução ETP <sub>c</sub> (%)
Lavras - MG (920 m)	175,6 0,0	1543,0	1313,4	975,3	856,1 703,9	3,8	12% 27,8%	1,4
Patrocínio - MG (965 m)	207,3 0,0	1568,3	1381,2	1025,5	885,7 732,1	4,1	14% 28,6%	2,3
Araguari-MG (920 m)	334,9 0,0	1426,4	1484,5	1102,1	940,2 674,6	3,77	15% 38,8%	2,9
Buritis - MG (940 m)	281,9 0	1404,3	1449,3	1076,0	928,9 706	3,9	14% 34,4%	3,0
Chapada D. - BA (1016 m)	231,95 0	789,08	1270,41	943,21	726,8 525,85	3,4	23% 44,2%	2,3
LEM - BA (740 m)	409,17 0	1200	1704,34	1265,4	1040,24 704,3	4,51	18% 44,3%	3,3
Pirapora - MG (490 m)	498,16 0	867,42	1637,98	1216,14	972,99 573,99	4,33	18% 52,8%	3,3
Cocos - BA (813 m)	515,05 0	1042,3	1709,87	1269,53	998,75 609,86	5,01	21% 52,0%	3,7



# Clima x Produção de Café

O clima afeta a cafeicultura de diversas formas, devido à ação dos elementos meteorológicos na:

- a) Fenologia
- b) Produtividade
- c) Qualidade
- d) Longevidade



0 - Gema dormente



1 - Gema entumescida



2 - Abotoado



3 - Florada



4 - Pós-florada



5 - Chumbinho



6 - Expansão dos frutos



7 - Grão verde



8 - Verde cana



9 - Cereja



10 - Passa

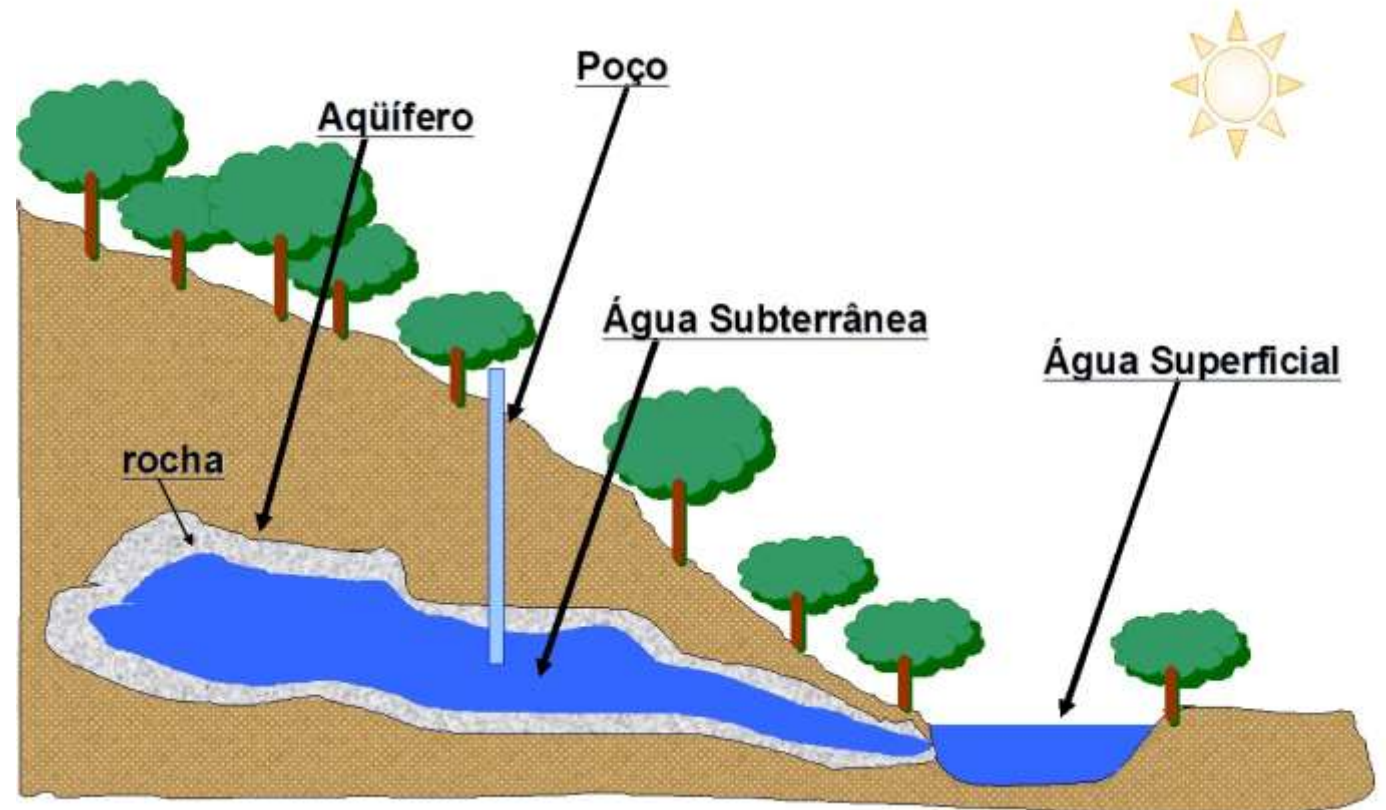


11 - Seco

Pezzopane et al. (2003)

# QUADRO ATUAL

## 2. BAIXA RESERVAÇÃO DE ÁGUA



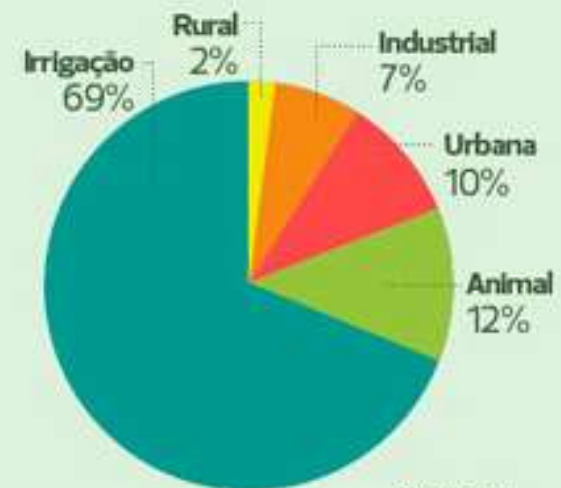






## O hidrômetro brasileiro

Distribuição da demanda hídrica no Brasil



FONTE: ANA

As barragens retêm a chuva que antes correria para o mar



Mais de 1400 represas e milhares de km de aquedutos e canais...



*California Aqueduct*



*Harvey O. Banks  
Pumping Plant*

Califórnia  
- EUA







California produ  
dos EUA. anças e grãos



Carlos Eduardo Cherem  
Do UOL, em Belo Horizonte 28/10/2014 | 12h24

Compartilhe



40



152



Imprimir



Comunicar erro

Secretaria de Meio Ambiente de Uberaba/Divulgação



PM destrói barragens ilegais construídas em áreas privadas em Uberaba



## O QUE DIFICULTA A EXPANSÃO DA IRRIGAÇÃO NO BRASIL?

- **Adequação dos empreendimentos à legislação ambiental e a concessão de outorgas d'água**
- **Oferta de infraestrutura (principalmente energia e reservação de água) nas áreas potenciais**
- **Disponibilidade de crédito (quantidade e oportunidades)**



# Política Nacional de Irrigação

## Lei 12.787, de 11 de janeiro de 2013

---

Art. 22. A implantação de projeto de irrigação dependerá de licenciamento ambiental (...)

§ 2º As obras de infraestrutura de irrigação, inclusive os barramentos de cursos d'água que provoquem intervenção ou supressão de vegetação em área de preservação permanente, **poderão ser consideradas de utilidade pública para efeito de licenciamento ambiental**, quando declaradas pelo poder público federal essenciais para o desenvolvimento social e econômico.

# QUADRO ATUAL



PRIORIDADES PARA UTILIZAÇÃO DA ÁGUA (LEI FEDERAL 9.433/2007, “Lei das Águas”)

A bacia hidrográfica é a unidade de planejamento

A água é um bem de domínio público

A água é um recurso natural limitado

A água é um recurso dotado de valor econômico

A gestão deve sempre proporcionar o uso múltiplo

**Uso prioritário para consumo humano e dessedentação de animais, em casos de escassez**

A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada, dela participando o Poder Público, os usuários e as comunidades

# Funções de produção

## Estratégias de irrigação

Três situações:

- Água não é fator limitante
  - Estabelecer o nível de irrigação para se alcançar o rendimento máximo;
- **Água é fator limitante**
  - Rendimento da cultura maximizado por unidade de volume de água aplicado;
- Terra é fator limitante
  - Maximizar a receita líquida por unidade de área



Como investir em genética,  
fertilizantes, implantação de novas  
áreas, investir em sistemas de  
irrigação, COM BAIXA  
DISPONIBILIDADE DE ÁGUA?  
Vale a pena investir em irrigação?

# Transpiração do cafeeiro

A transpiração é um processo biofísico pelo qual a água que passou pela planta, fazendo parte de seu metabolismo, é transferida para a atmosfera preferencialmente pelos estômatos, obedecendo uma série de resistências desde o solo, passando pelos vasos condutores (xilema), mesófilo, estômatos e finalmente indo para a atmosfera.

## Evaporação

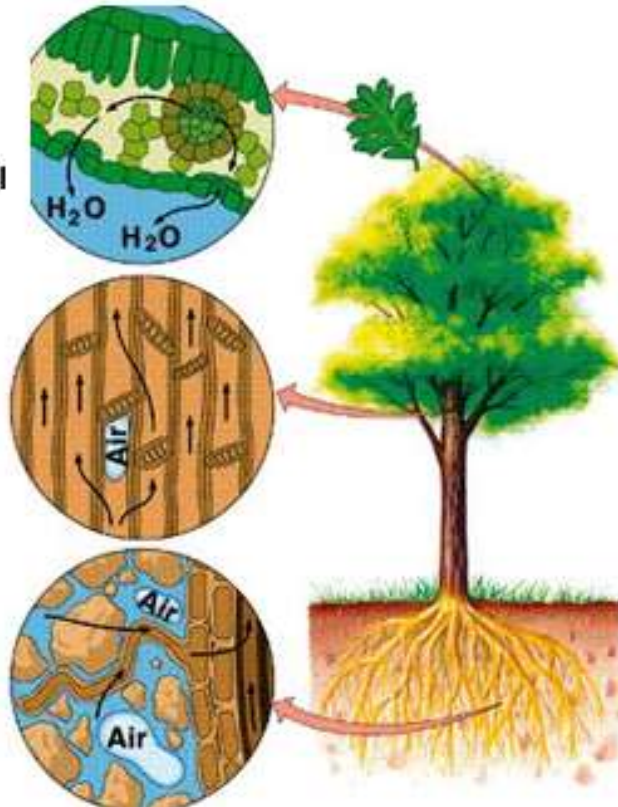
O abaixamento do potencial hídrico da atmosfera (ar) promove a evaporação das paredes celulares. Isso promove a redução do potencial hídrico nas paredes celulares e no citoplasma

## Coesão (no xilema)

A coluna de água no xilema é mantida por coesão das moléculas de água nos vasos. Bolhas de ar bloqueia o movimento

## Absorção de água (do solo)

O menor potencial hídrico das raízes provoca a entrada de água. A área de absorção depende da quantidade de radículas. A água se move através da endoderme por osmose



$\Psi_{ar} = - 100 \text{ a } - 1000 \text{ atm}$

$\Psi_{folhas} = - 5 \text{ a } - 40 \text{ atm}$

$\Psi_{raíz} = - 1 \text{ a } - 10 \text{ atm}$

$\Psi_{solo} = - 0,1 \text{ a } - 2 \text{ atm}$

-



+

## IRRIGAÇÃO:

CONTINUAR A FOTOSÍNTESE, QUANDO HÁ TEMPERATURA, EM FASE FENOLÓGICA IMPORTANTE DO CAFÉ.

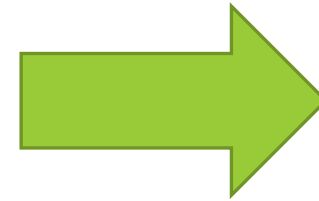


# Irrigação do cafeeiro





- CONFLITOS PELO USO DA ÁGUA
- PREOCUPAÇÃO AMBIENTAL
- COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA
- BAIXA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA



MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO  
QUE PROPORCIONEM  
MAIOR EFICIÊNCIA NA  
APLICAÇÃO DE ÁGUA



DEVE-SE PREFERIR PROJETOS QUE GARANTAM BOA APLICAÇÃO DE  
ENGENHARIA, ACOMPANHADOS DE TÉCNICAS DE MANEJO E  
GERENCIAMENTO.

# ESTRATÉGIAS PARA MANEJO DA IRRIGAÇÃO

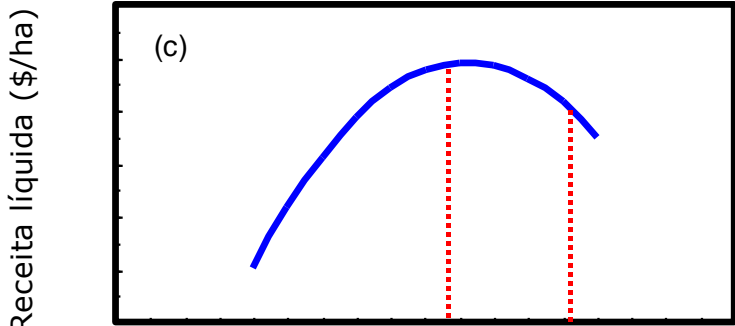
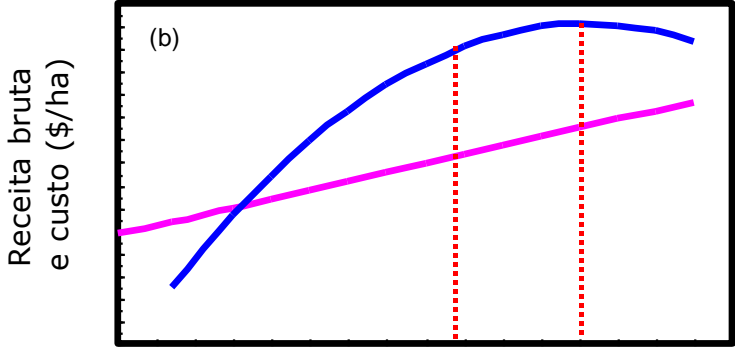
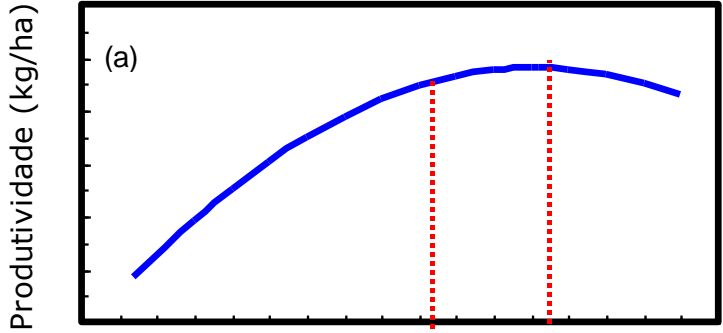
**Irrigação total** – toda água necessária para atender a ET é proveniente da irrigação.

**Irrigação suplementar** – a água necessária ao atendimento da ET é proveniente, em parte, da irrigação e, em parte, da precipitação efetiva.

**Irrigação com déficit** – atende-se somente uma fração da ET da cultura. Pode ser praticada com irrigação total ou suplementar.

**Irrigação de "salvação"** – o objetivo é irrigar apenas em um período relativamente curto ou num estágio do cultivo.

Max R\$/ha



Lâmina de água (mm)



# Possíveis soluções

UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS MAIS EFICIENTES NA APLICACÃO DE ÁGUA





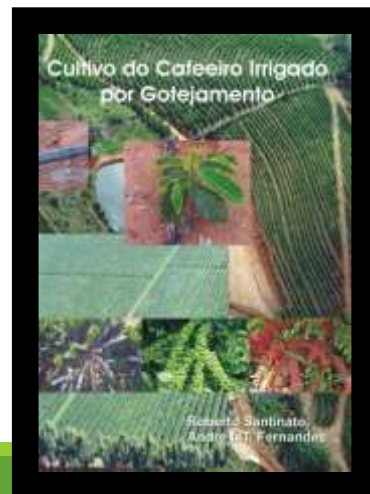
# Investimento????



Aquisição e manutenção por 15 anos de um projeto de irrigação por gotejo em café: 1,5 sacas/ha/ano



Média de aumento de 10 sacas/ha na média de 4 anos por fazenda.



**2005**



**2012**









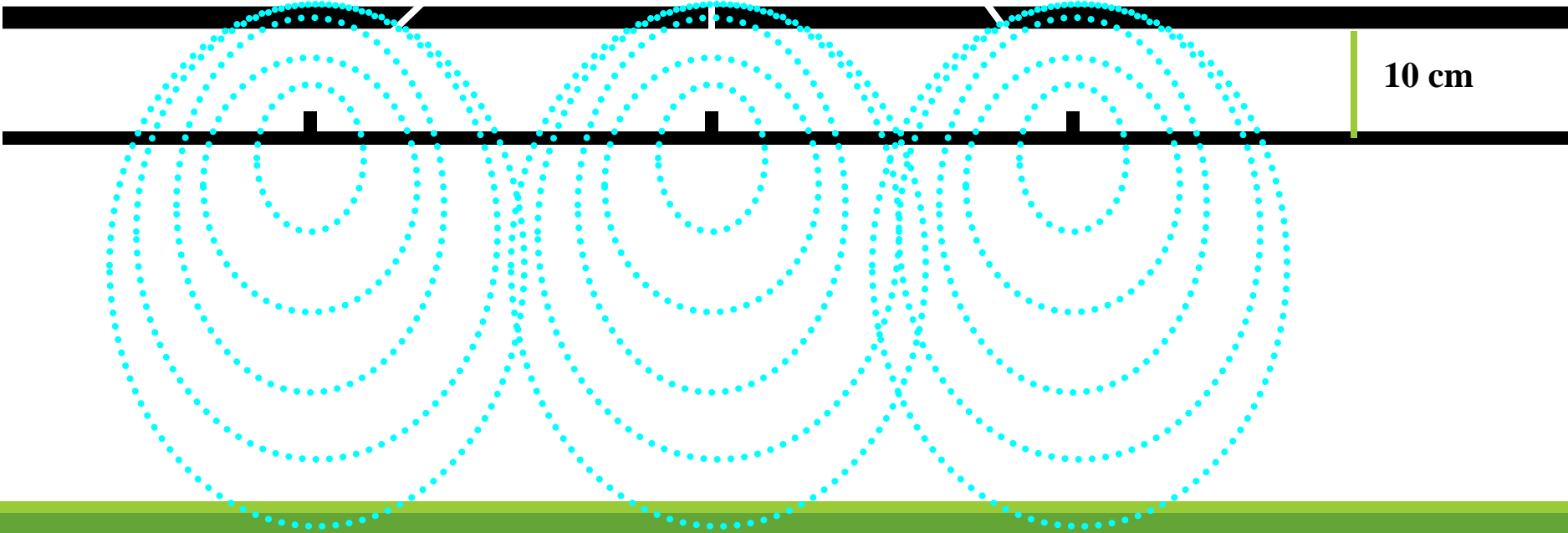
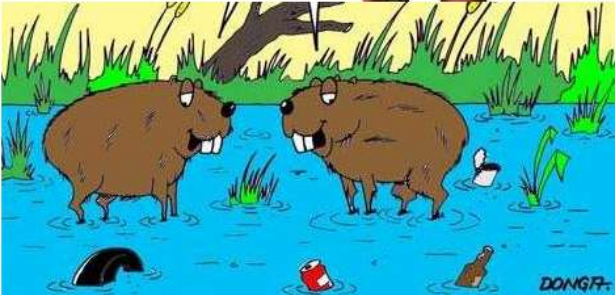


# GOTEJAMENTO EM SUBSUPERFICIE



SS

Gotejadores



10 cm



# Gotejamento enterrado - 2005

✓ Dados da área experimental:

**Local: Fazenda Santa Bárbara**

**Município: Monte Carmelo - MG**

**Proprietário: Afonso Simonis**

**Cultura: Café Arábica**

**Variedade: IAPAR 59**

**Espaçamento: 3,30 x 0,50m**



Captação: córrego (Fe total: 3,0ppm)





# GOTEJO ENTERRADO















05/09/2014







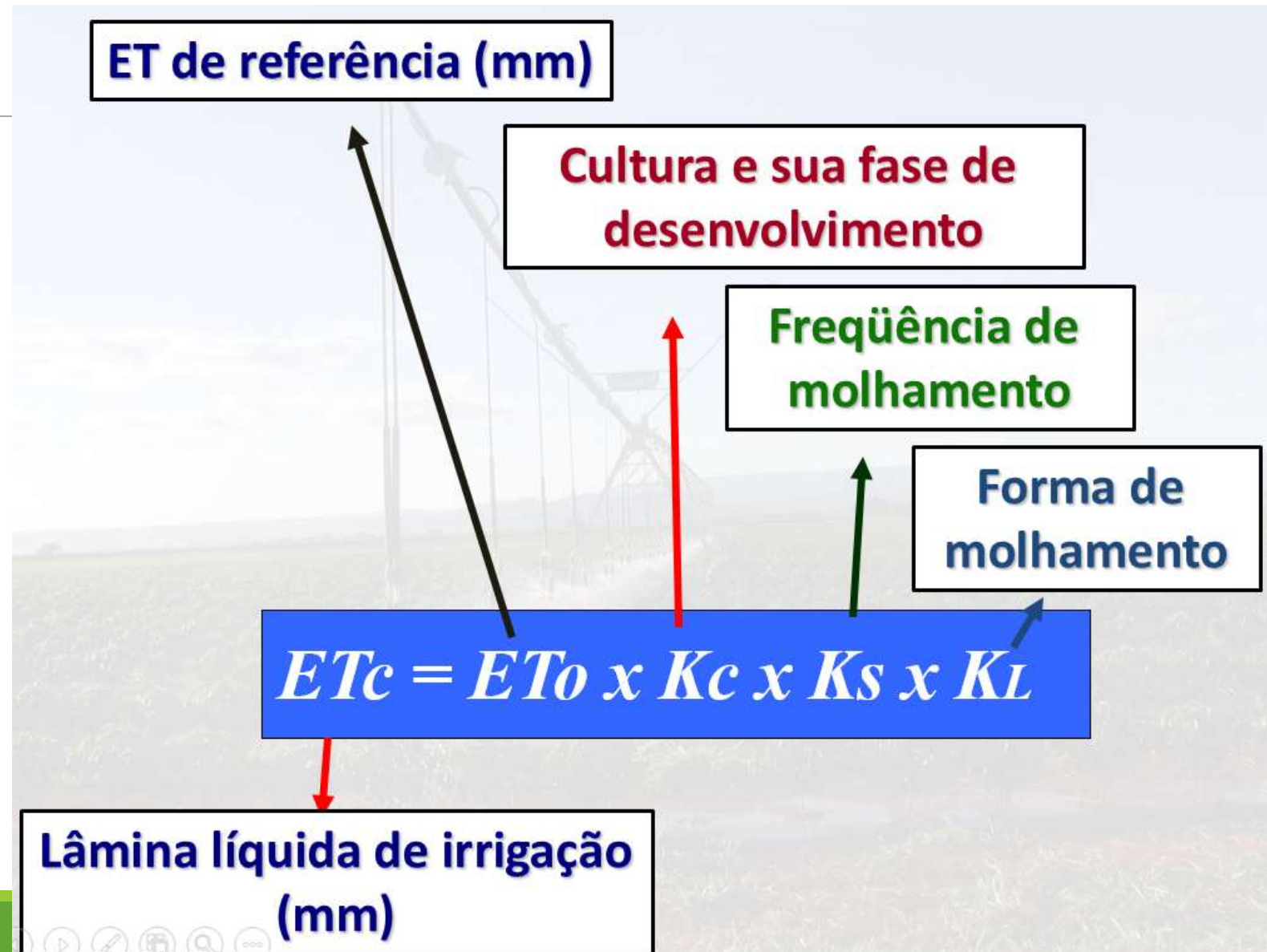


05/09/2014



# Possíveis soluções

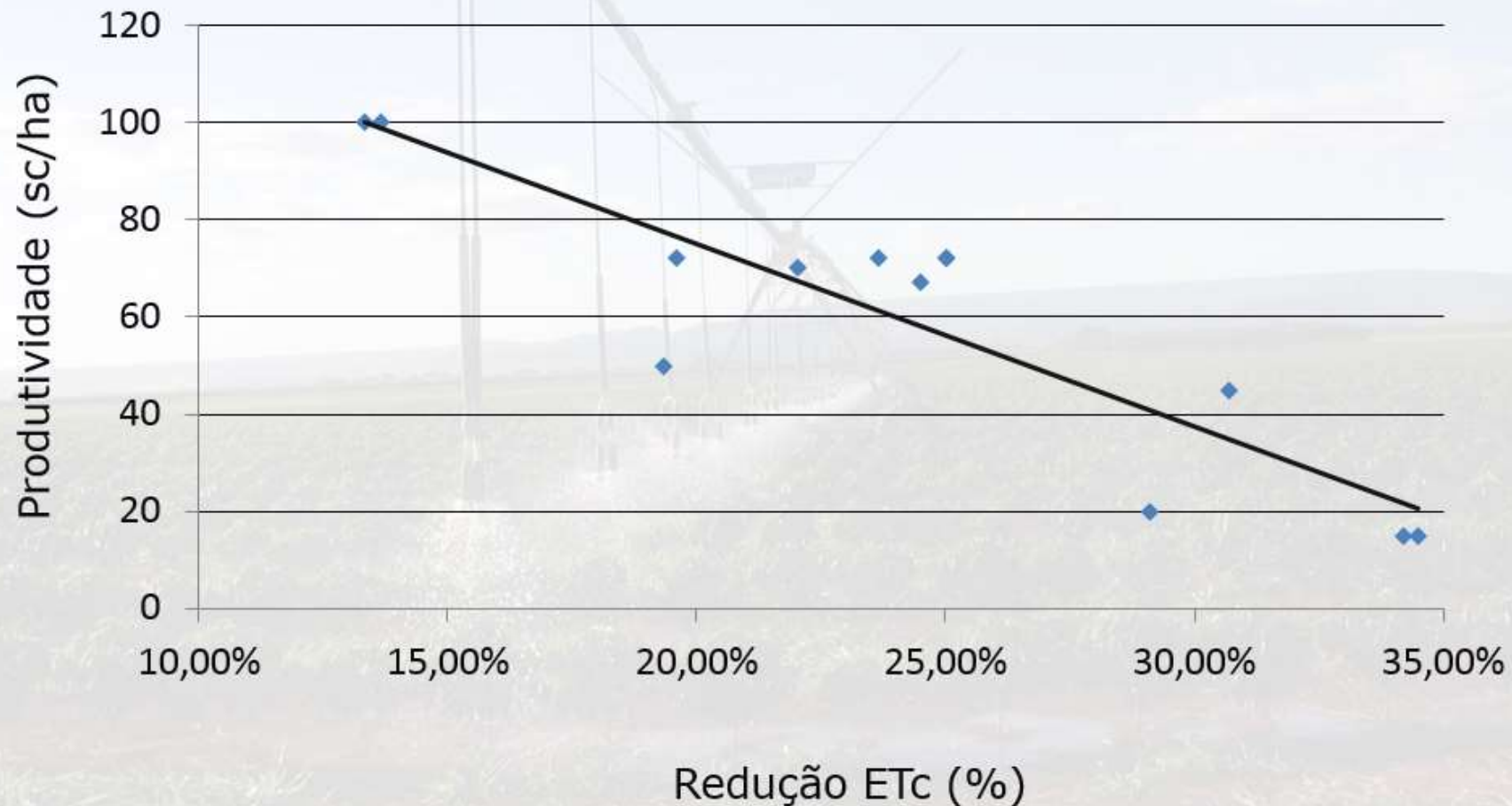
IRRIGAÇÃO COM DÉFICIT????



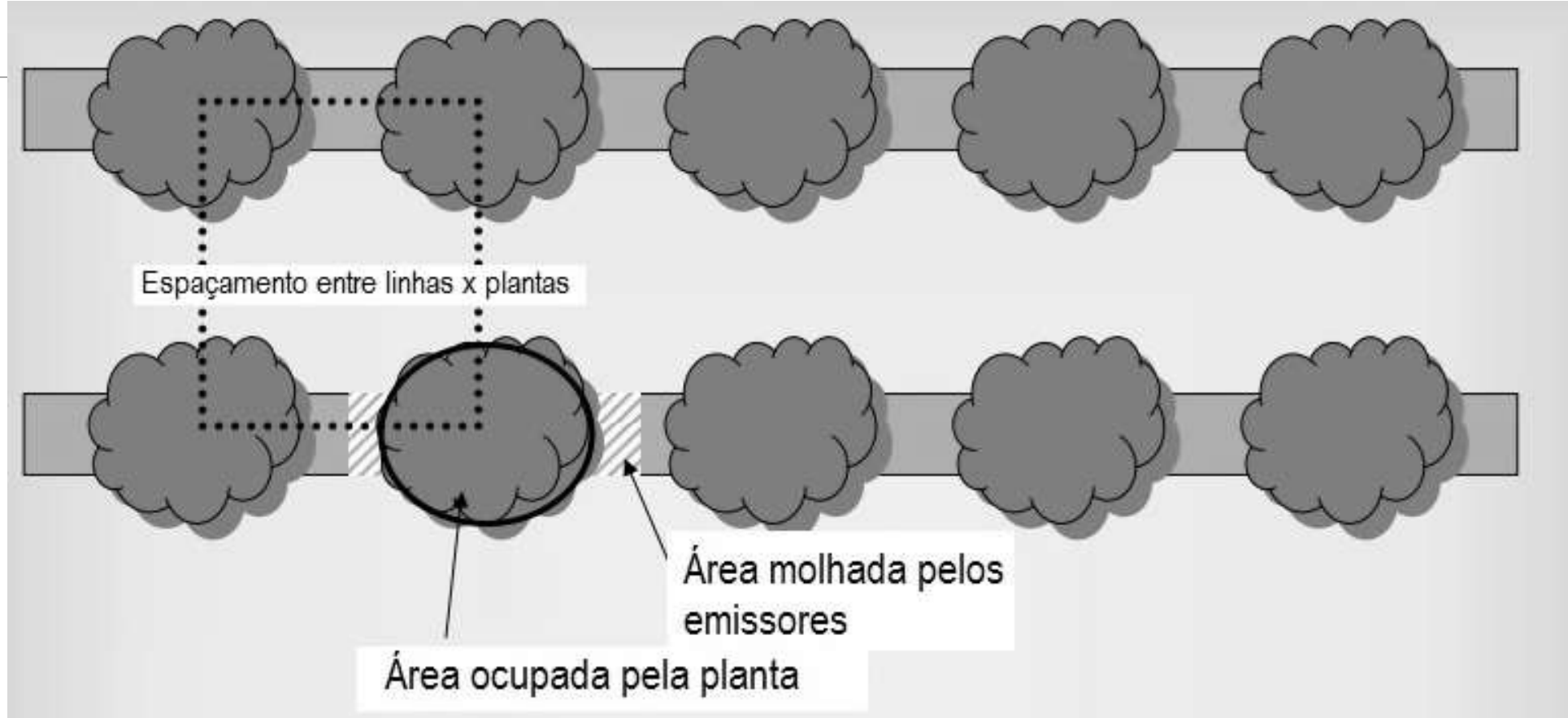
# Possíveis soluções

IRRIGAÇÃO COM DÉFICIT????

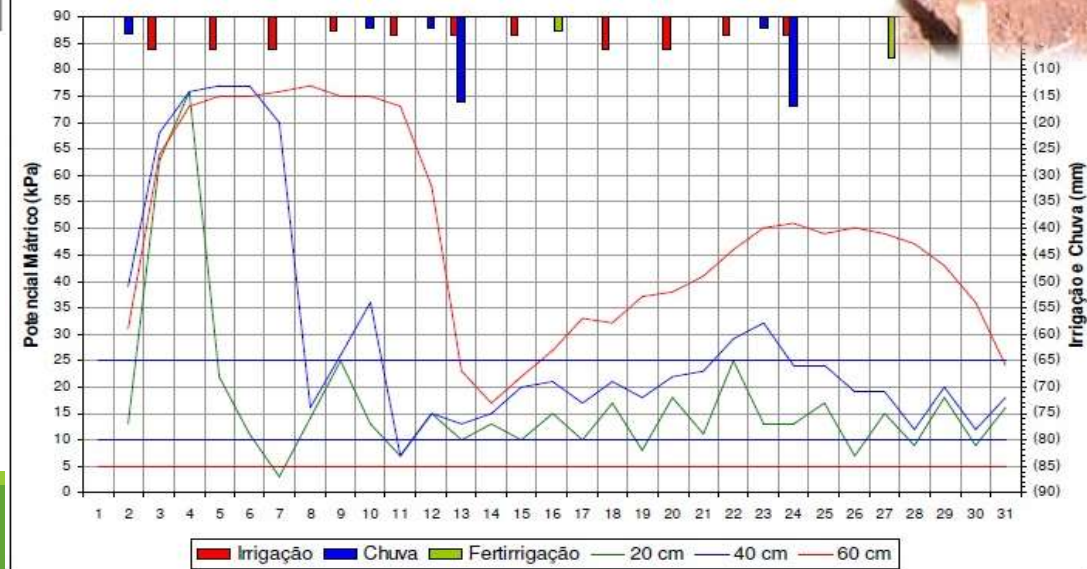
Café cultivado no Norte de Minas Forte restrição hídrica







# Sincronização de florada com sublâmina

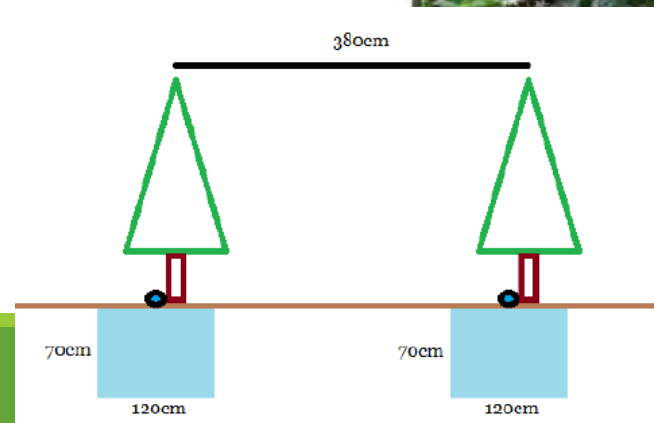




**P1**

**Primeira Irrigação - Tempo de Irrigação por Setor**

Setores	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom	Seg	Total
1	10			10		10			30
2		10		10			10		30
3		10			10		10		30
4			10		10			10	30
6			10			10		10	30



1 Solo	
Umidade do Solo na Capacidade de Campo (%V)	31,00%
Umidade do Solo no Ponto de Murcha Permanente (%V)	20,40%
Água Disponível	10,60%
Água Facilmente Disponível	4,24%
<i>f</i>	0,4
Umidade do Solo na Quebra de Stress (%V)	20,50%
Umidade a Repor ao Solo pela Irrigação (%V)	10,50%
2 Primeira Irrigação	
Prof. Efetiva das Raízes do Cafeeiro	0,6 m
Dimensões da Faixa Úmida a ser gerada com a Irrigação	1,2 (m) Largura
	0,7 (m) Profundidade
Espaçamento entre linhas de café	3,8 m
Volume de Solo a Umedecer	2.211 m <sup>3</sup>
Volume de Irrigação para Atingir a Capacidade de Campo	232,11 m <sup>3</sup> /há
Volume de Irrigação em mm/há para Quebra de Stress	23,21 mm

Presidente Olegário/MG



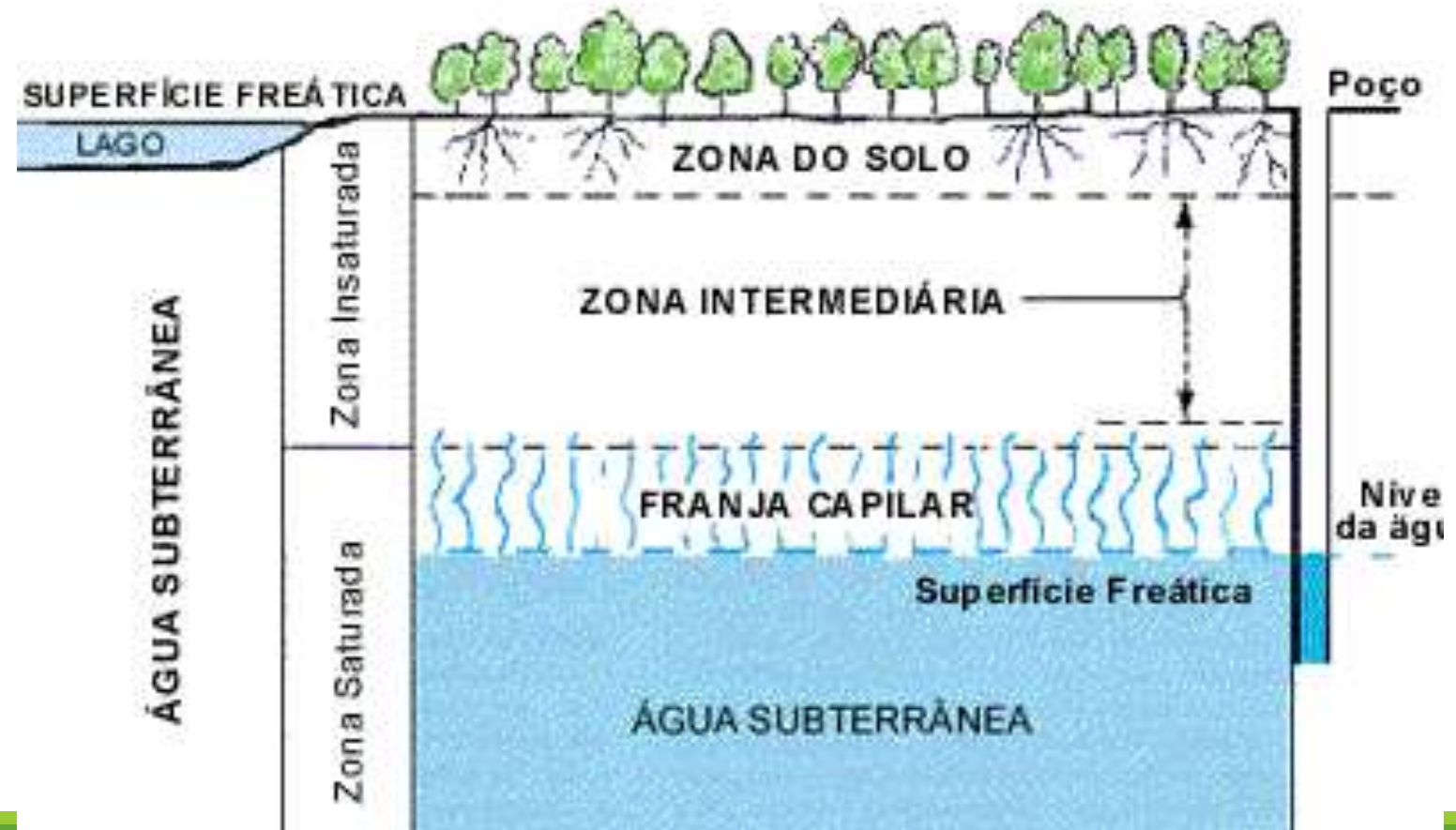


Final de setembro:  
Temperatura de 33°C



# Possíveis soluções

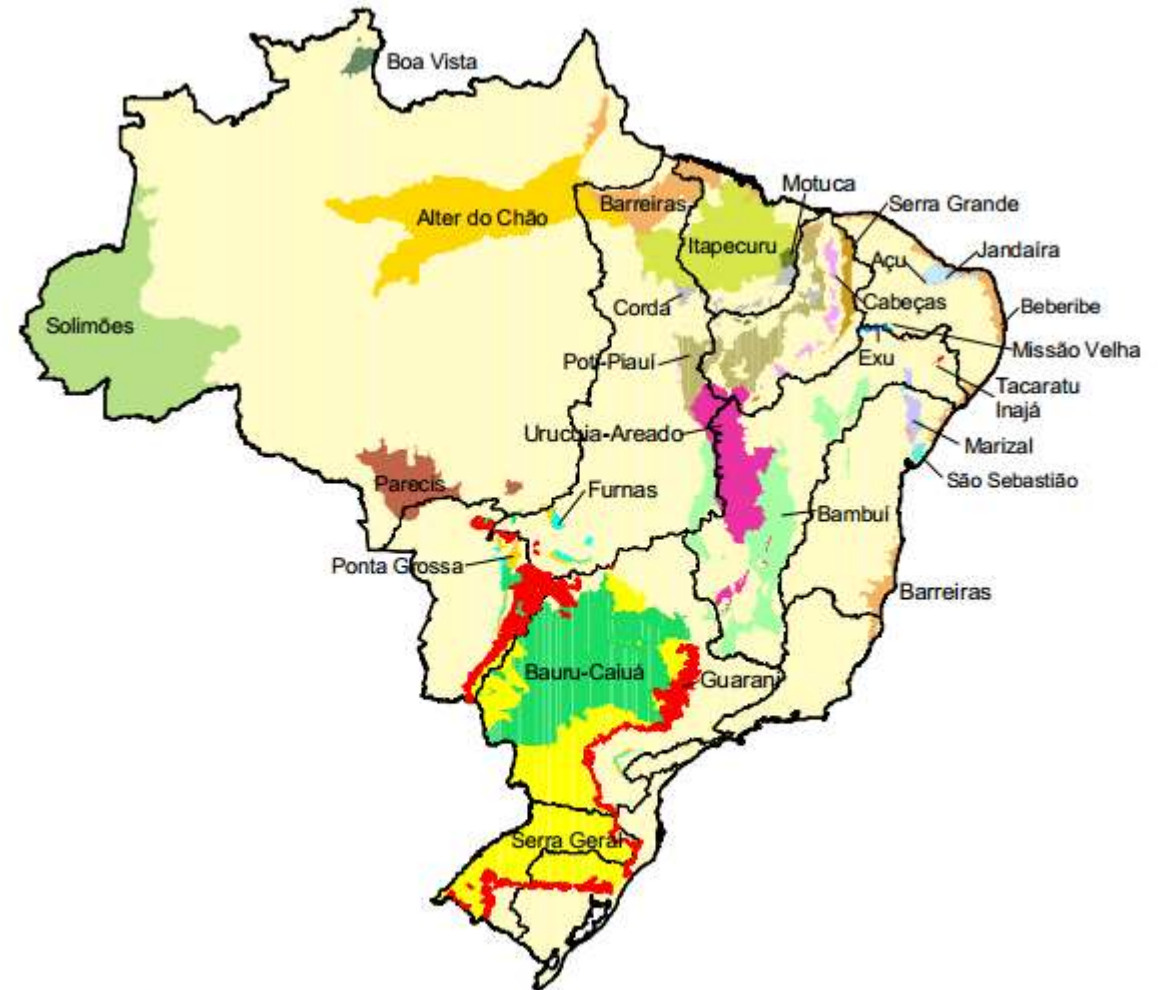
FONTES DE ÁGUA  
SUBTERRÂNEAS??





# Possíveis soluções

FONTES DE ÁGUA  
SUBTERRÂNEAS??



Área de recarga dos principais sistemas aquíferos do país.

# Possíveis soluções

---

## BARRAMENTOS





## Precipitação média anual nas regiões hidrográficas.

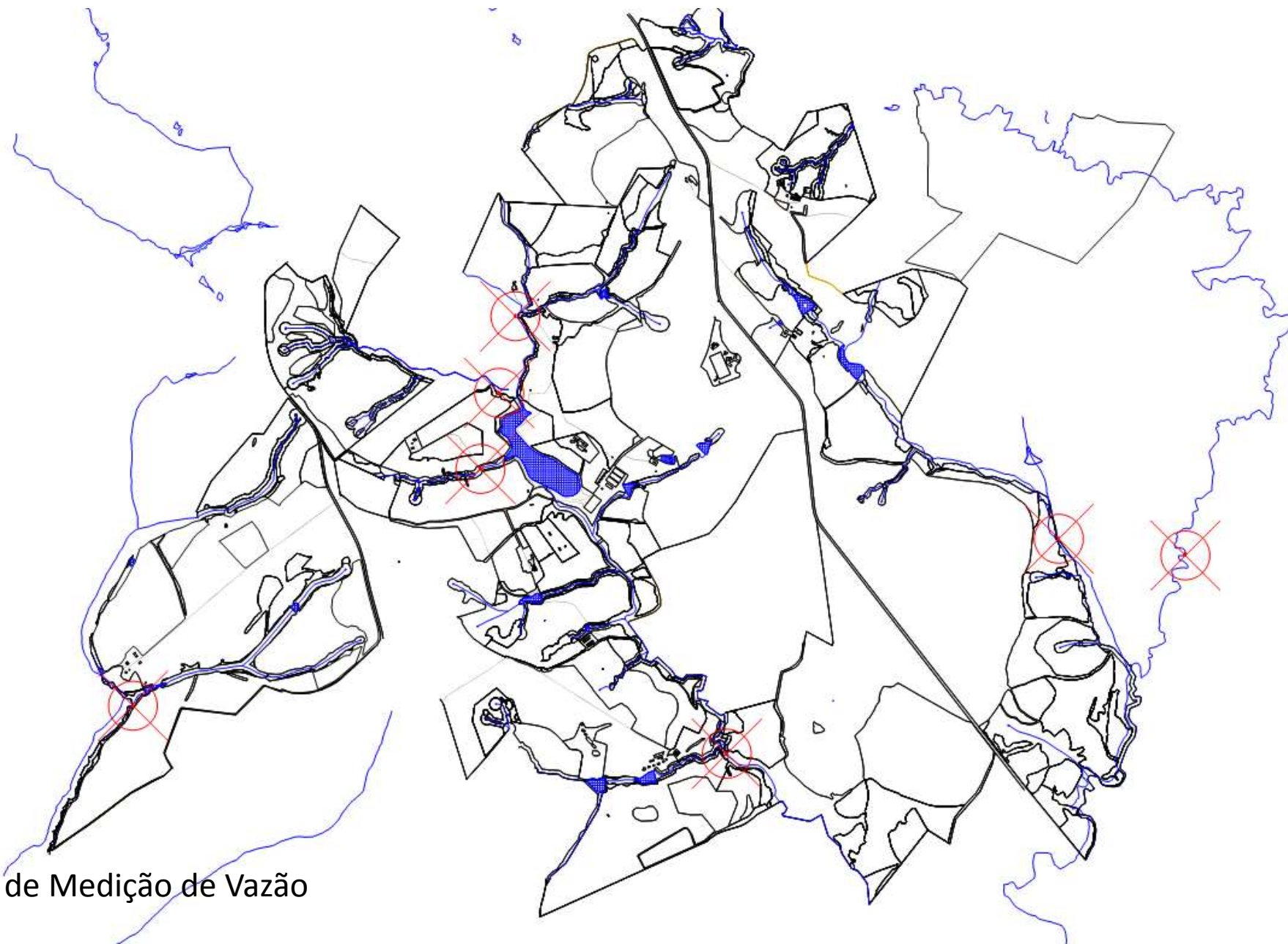
<b>Região hidrográfica</b>	<b>Precipitação média* (mm)</b>
Amazônica	2.239
Tocantins/Araguaia	1.837
Atlântico Nordeste Ocidental	1.790
Parnaíba	1.117
Atlântico Nordeste Oriental	1.218
São Francisco	1.037
Atlântico Leste	1.058
Atlântico Sudeste	1.349
Atlântico Sul	1.568
Uruguai	1.785
Paraná	1.511
Paraguai	1.398
<b>Brasil</b>	<b>1.797</b>

\* Período 1961 - 1990

Fonte: ANA, 2014

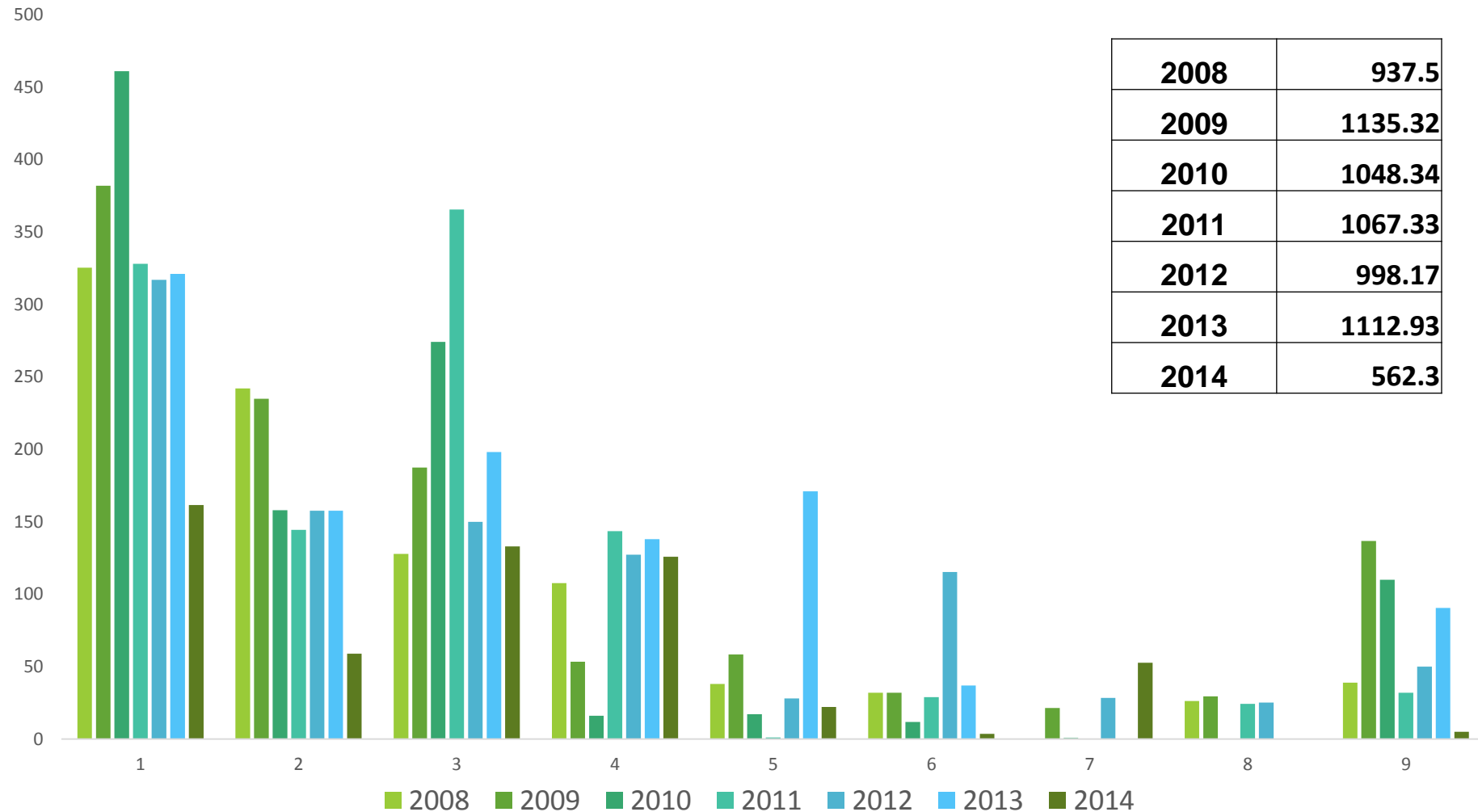


Pontos de Medição de Vazão





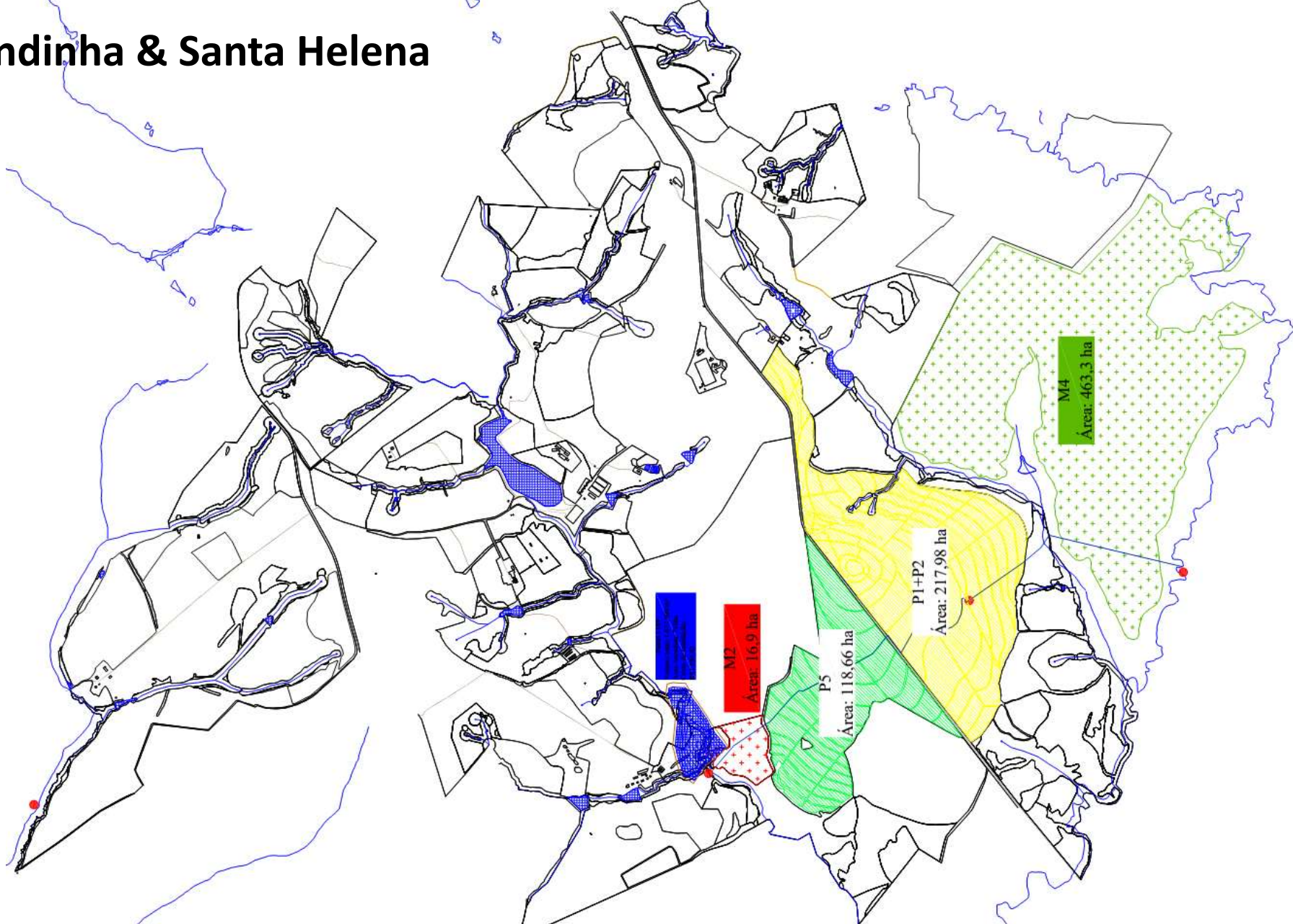
## Precipitação de Janeiro a Setembro (2008-2014)



# **ESTUDO DE CAPACIDADE DE IRRIGAÇÃO**

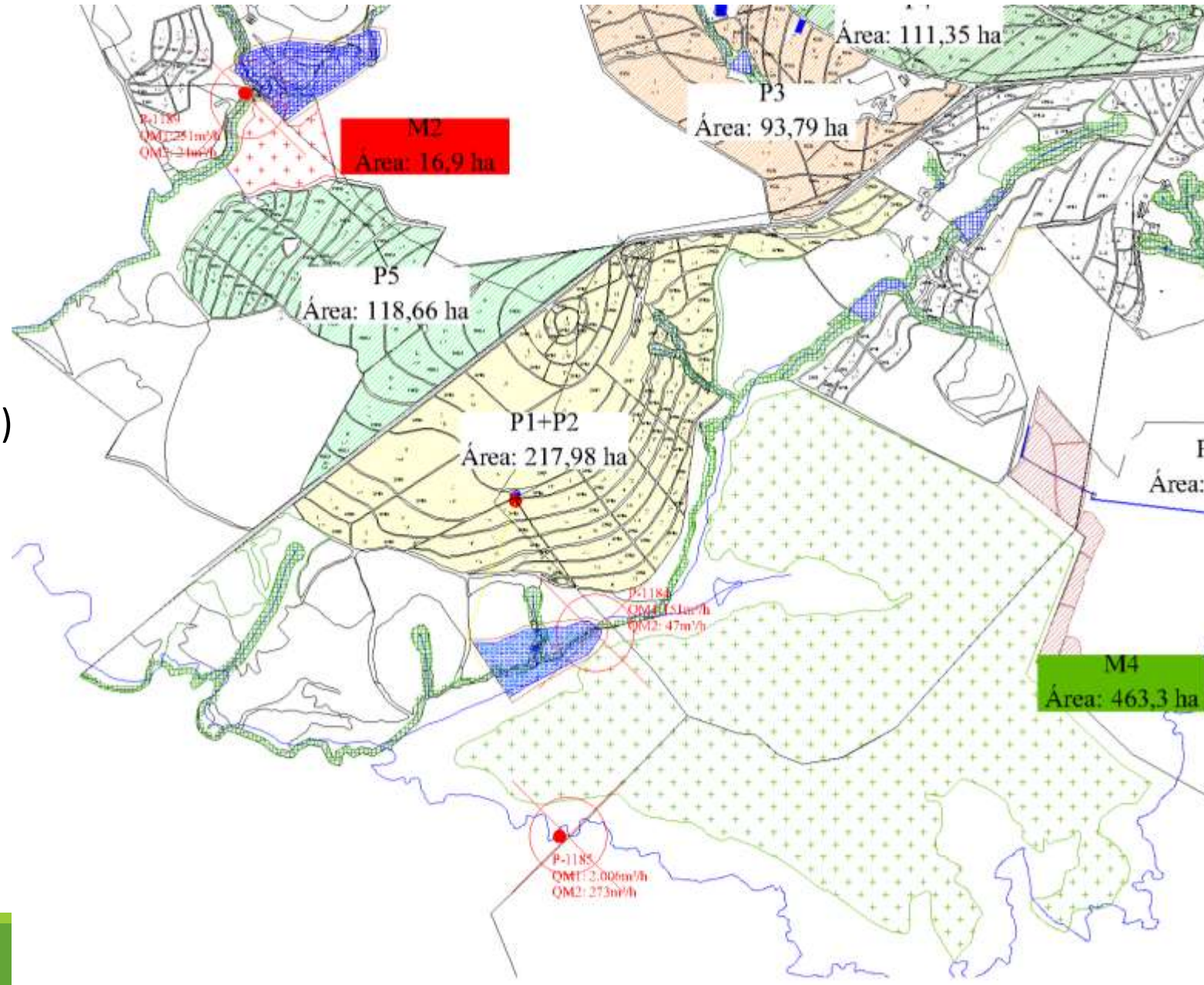


# Área Fazendinha & Santa Helena



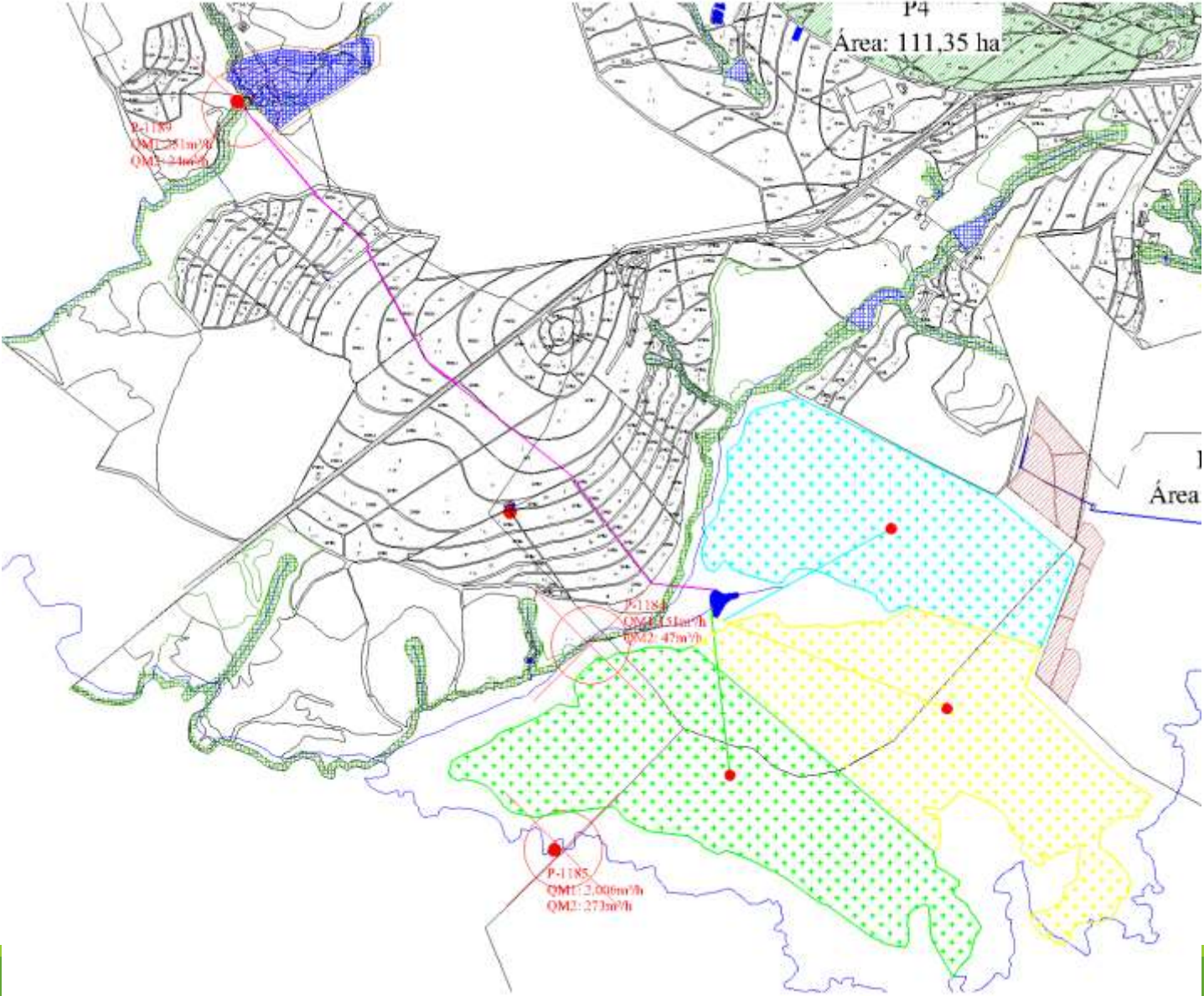
# Área Fazendinha & Santa Helena

- Área Atual (337ha)
  - P1 + P2: 218ha;
  - P5: 119ha;
- Área Expansão (480ha)
  - M2: 17ha
  - M4: 464ha
- Área Total (818ha)





# Bombeamento da Represa (Córrego Boi Morto) para Santa Helena (463ha)

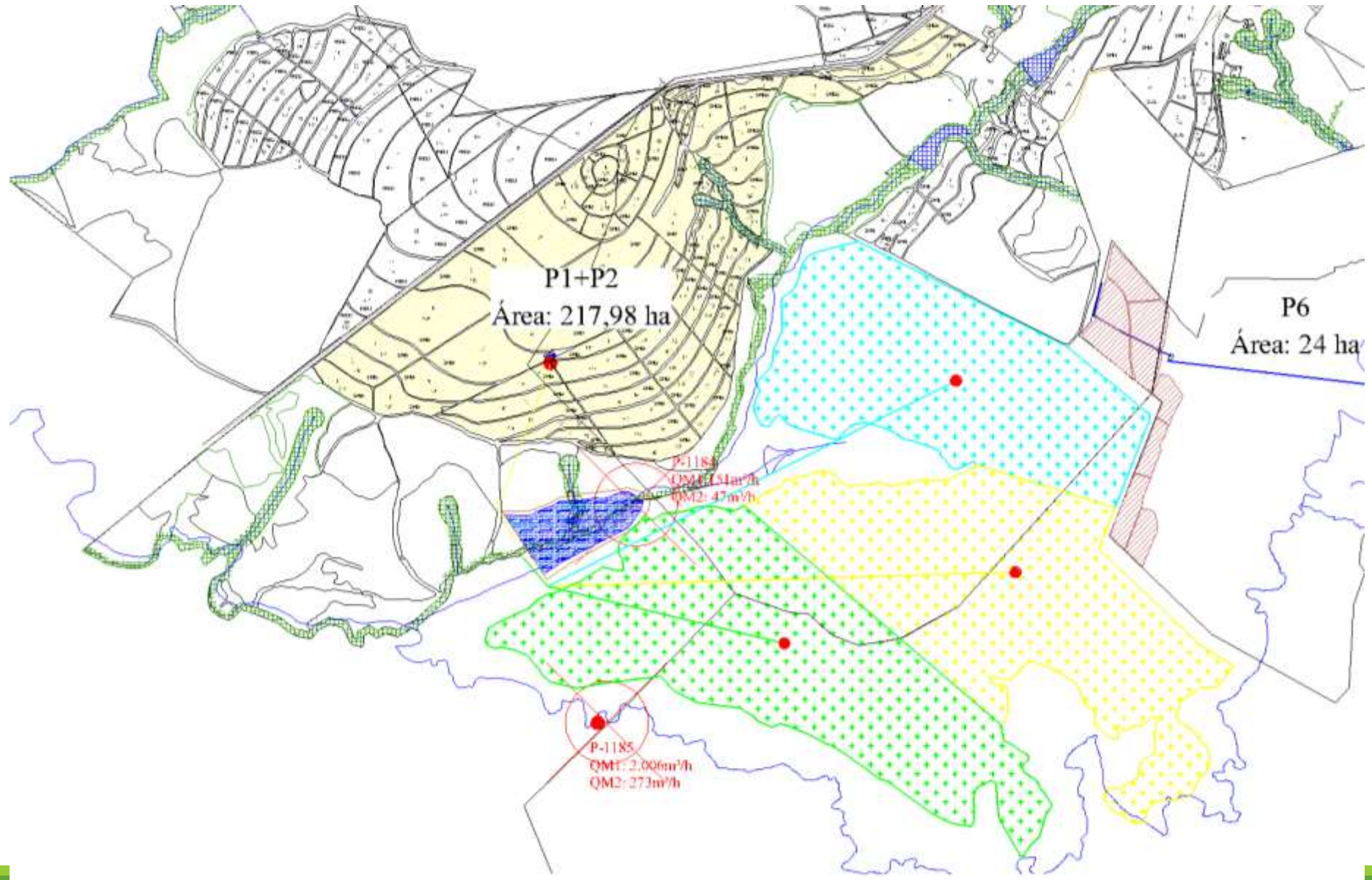


## Estimativa de Custo - Barramento Boi Morto

Descrição	Barramento	Bomb. M4*	M4-1 <sup>1</sup>	M4-2 <sup>2</sup>	M4-3 <sup>3</sup>
Área (ha)	463	463	130	163	170
Vazão (m <sup>3</sup> /h)		441	124	155	162
Volume (m <sup>3</sup> )	960,000				
Potência (cv)		150	122	165	144
Instalação (R\$/ha)	R\$ 2,905.05	R\$ 1,297.48			
Energ. (R\$/mm/ha)		R\$ 0.35			
Gotejo (R\$/ha)			R\$ 10,254.75	R\$ 10,911.42	R\$ 11,488.00
Energ. (R\$/ha)			R\$ 0.58	R\$ 0.62	R\$ 0.64
<b>Total Instalação</b>			<b>R\$ 14,457.28</b>	<b>R\$ 15,113.94</b>	<b>R\$ 15,690.53</b>
<b>Energ Total (R\$/mm/ha)</b>			<b>R\$ 0.93</b>	<b>R\$ 0.97</b>	<b>R\$ 0.99</b>



# Bombeamento da Represa (Córrego Santa Maria) para Santa Helena (463ha)



## Estimativa de Custo - Barramento no Córrego Santa Maria

Descrição	Barramento	M4-1 <sup>1</sup>	M4-2 <sup>2</sup>	M4-3 <sup>3</sup>
Área (ha)	463	130	163	170
Vazão (m <sup>3</sup> /h)	0	124	155	162
Volume (m <sup>3</sup> )	819,600.00			
Potência (cv)		80.60	96.17	107.10
Instalação (R\$/ha)	R\$ 3,035.62			
Energ. (R\$/mm/ha)				
Gotejo (R\$/ha)		R\$ 10,254.75	R\$ 10,911.42	R\$ 11,488.00
Energ. (R\$/ha)		R\$ 0.58	R\$ 0.61	R\$ 0.66
<b>Total Instalação</b>		<b>R\$ 13,290.37</b>	<b>R\$ 13,947.03</b>	<b>R\$ 14,523.62</b>
<b>Energ Total (R\$/mm/ha)</b>		<b>R\$ 0.58</b>	<b>R\$ 0.61</b>	<b>R\$ 0.66</b>



## Comparativo Barramentos

	<b>Córrego Santa Maria</b>	<b>Córrego Boi Morto</b>
<b>Barramento (R\$)</b>	R\$ 1,405,491.06	R\$ 1,345,037.80
<b>Transposição (R\$)</b>	R\$ 0.00	R\$ 600,733.18
<b>Área Santa Helena (ha)</b>	463	463
<b>Custo (R\$/ha)<sup>1</sup></b>	R\$ 3,035.62	R\$ 4,202.53
<b>Área total (ha)</b>	683	820
<b>Custo (R\$/ha)<sup>2</sup></b>	R\$ 2,057.82	R\$ 2,372.89

# Possíveis soluções

---

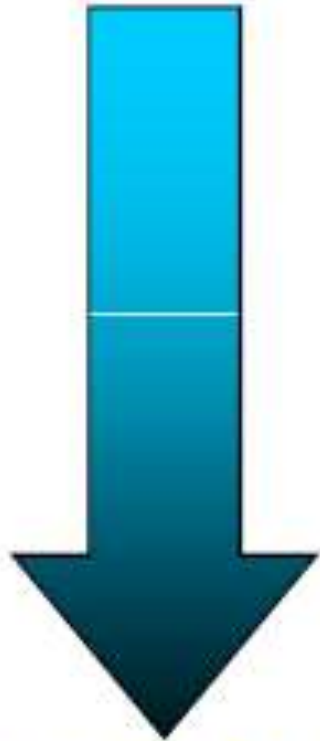
## ÁGUAS RESIDUÁRIAS

- Efluentes industriais
- Efluentes agroindustriais e da criação de animais em confinamento
- Águas residuárias domésticas





QUALIDADE DA ÁGUA  
EXCELENTE



QUALIDADE DA ÁGUA  
PÉSSIMA

**Classe Especial**

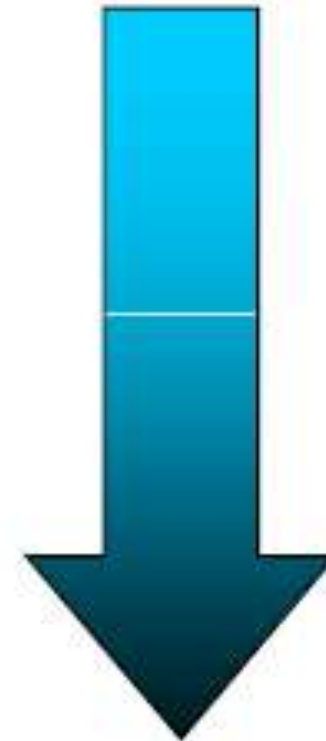
**Classe 1**

**Classe 2**

**Classe 3**

**Classe 4**

USOS  
MAIS EXIGENTES



USOS  
MENOS EXIGENTES

# Possíveis soluções

---

## EFLUENTES AGROINDUSTRIAIS

- vinhaça → destilação do mosto fermentado: 910 L por tonelada de cana moída ou 13 L por litro de álcool
- processamento do leite → 3 L por litro de leite processado
- produção de queijo → 3 - 4 L por litro de leite processado e 5 -10 L de soro para cada quilo de queijo;
- matadouros de bovinos → 300 - 400 L por animal abatido





# Possíveis soluções

---

## ➤ ÁGUAS RESIDUÁRIAS DOMÉSTICAS:

- residências: 100 -160 L por habitante dia
- cada grupo de 10 mil habitantes: 11,6 a 18,5 L/s de águas residuárias
- ou seja, cidade com 20 mil habitantes: potencial para atender 20 a 30 hectares de irrigação com a água contida em seus esgotos

# SOLUÇÕES INTEGRADAS

---

- ✓ MANEJO INTEGRADO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS
- ✓ CONSTRUÇÃO DE PEQUENAS BARRAGENS
- ✓ CONSTRUÇÃO DE BACIAS DE CAPTAÇÃO AO LONGO DAS ESTRADAS (INFILTRAÇÃO, MINIMIZAR A EROSÃO)
- ✓ CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS



# SOLUÇÕES INTEGRADAS

---

- ✓ PRÁTICAS DE CULTIVO QUE PERMITAM MAIOR ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO
- ✓ RECOMPOSIÇÃO DA COBERTURA VEGETAL, RECOMPOSIÇÃO DAS MATAS DE TOPO, DE GALERIA E CILIARES
- ✓ ÁGUA SUBTERRÂNEA
- ✓ REPRESAMENTOS/BARRAMENTOS
- ✓ UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO DE MAIOR EFICIÊNCIA
- ✓ USO RACIONAL DA ÁGUA.

## Eficiência média na aplicação de água dos sistemas de irrigação (TUNDISI 2003):

<b>SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO</b>	<b>EFICIÊNCIA MÉDIA %</b>
Sulcos de Infiltração: Sulcos longos e/ou solos arenosos	<b>45</b>
Sulcos de Infiltração: Solo e comprimento adequados	<b>65</b>
Inundação (tabuleiros): Solo arenoso - lençol profundo	<b>40</b>
Inundação (tabuleiros): Solo argiloso lençol superficial	<b>60</b>
Aspersão convencional sob ação dos ventos	<b>50</b>
Aspersão convencional com ventos leves ou sem ventos	<b>75</b>
Autopropelido: Montagem direta sob ação dos ventos	<b>50</b>
Autopropelido: Montagem direta com ventos leves ou sem ventos	<b>75</b>
Pivô central: Vento/condições razoáveis	<b>75</b>
Pivô central em condições favoráveis	<b>85</b>
Microaspersão: Condições razoáveis	<b>80</b>
Microaspersão: Condições favoráveis	<b>90</b>
Gotejamento: Condições razoáveis	<b>85</b>
Gotejamento: Condições favoráveis	<b>95</b>





**OBRIGADO.**

**andre.fernandes@uniube.br**