Agricultura Geral

Aula 3 – Parte 1: Zoneamento Agroecológico

Prof. Dr. Ronan Magalhães de Souza

Belém – Pará
2026

Zoneamento Agroecológico

Objetivos de aprendizagem

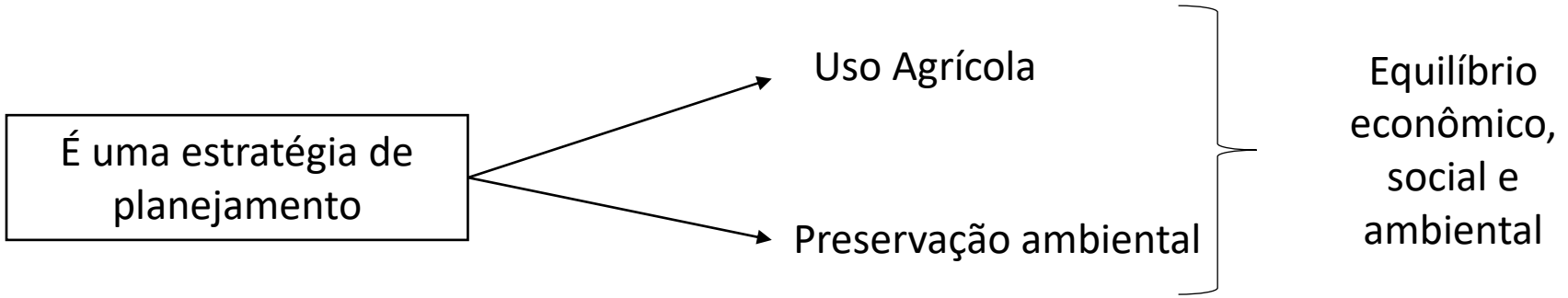
- ✓ Compreender conceitos, objetivos e benefícios do Zoneamento Agroecológico (ZAE).
- ✓ Reconhecer dados e métodos utilizados (clima, solos, relevo, uso da terra).
- ✓ Interpretar mapas e classes de aptidão/adequação para culturas.
- ✓ Discutir aplicações do ZAE na Amazônia, incluindo solo e geotecnologias.

Zoneamento Agroecológico

Conceitos

Ciência de estudo de natureza multicritério cujo principal objetivo recai sobre a avaliação e o mapeamento de recursos naturais (solo, clima, relevo, vegetação, uso atual da terra, recursos hídricos, etc.).

Identificar limitações e potencialidades ambientais, com vistas ao uso, manejo e conservação dos recursos naturais segundo critérios de sustentabilidade.



Zoneamento Agroecológico

Conceitos



Zoneamento Agroecológico

Conceitos

A avaliação e integração desses critérios (temas) permite identificar áreas de maior potencial agrícola (espécie e nível de manejo), bem como indicar áreas inaptas para a agricultura, propondo produtos (mapas e relatórios) com base nas peculiaridades regionais

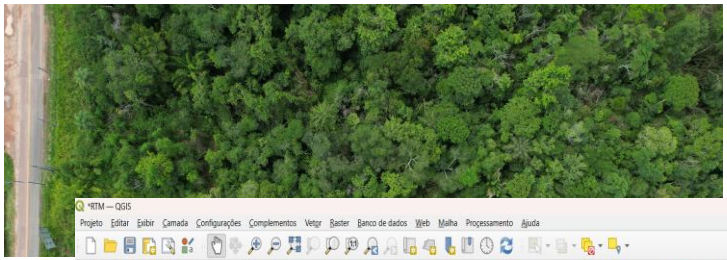
Geotecnologias:

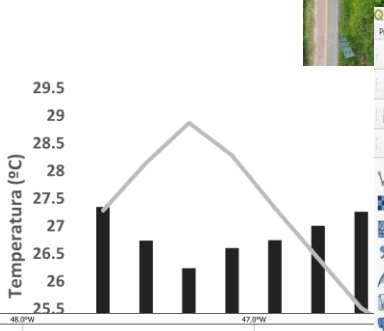
- Sistemas de Informações Geográficas – SIGs
- Sensoriamento Remoto – SR
- Sistemas de Satélites de Navegação Global – GNSS
- Cartografia Digital
- Modelagem Espacial

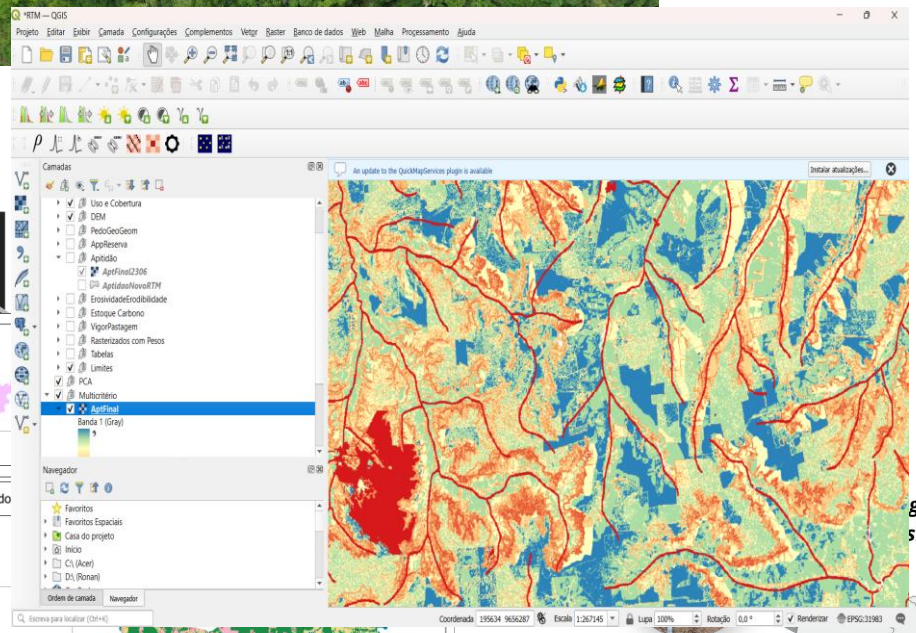


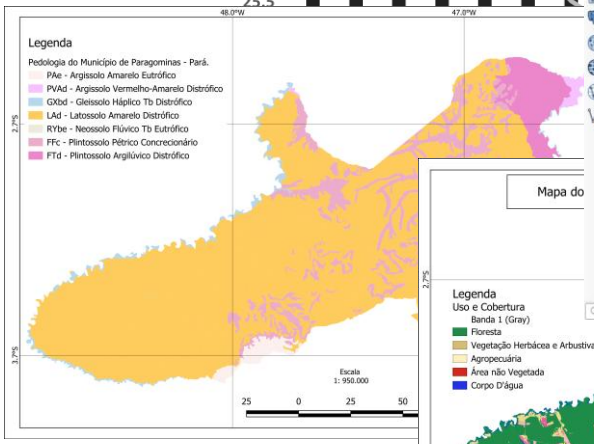
Zoneamento Agroecológico

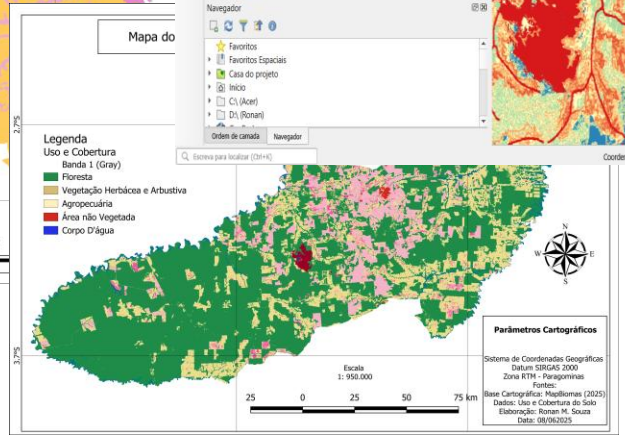
Geotecnologias





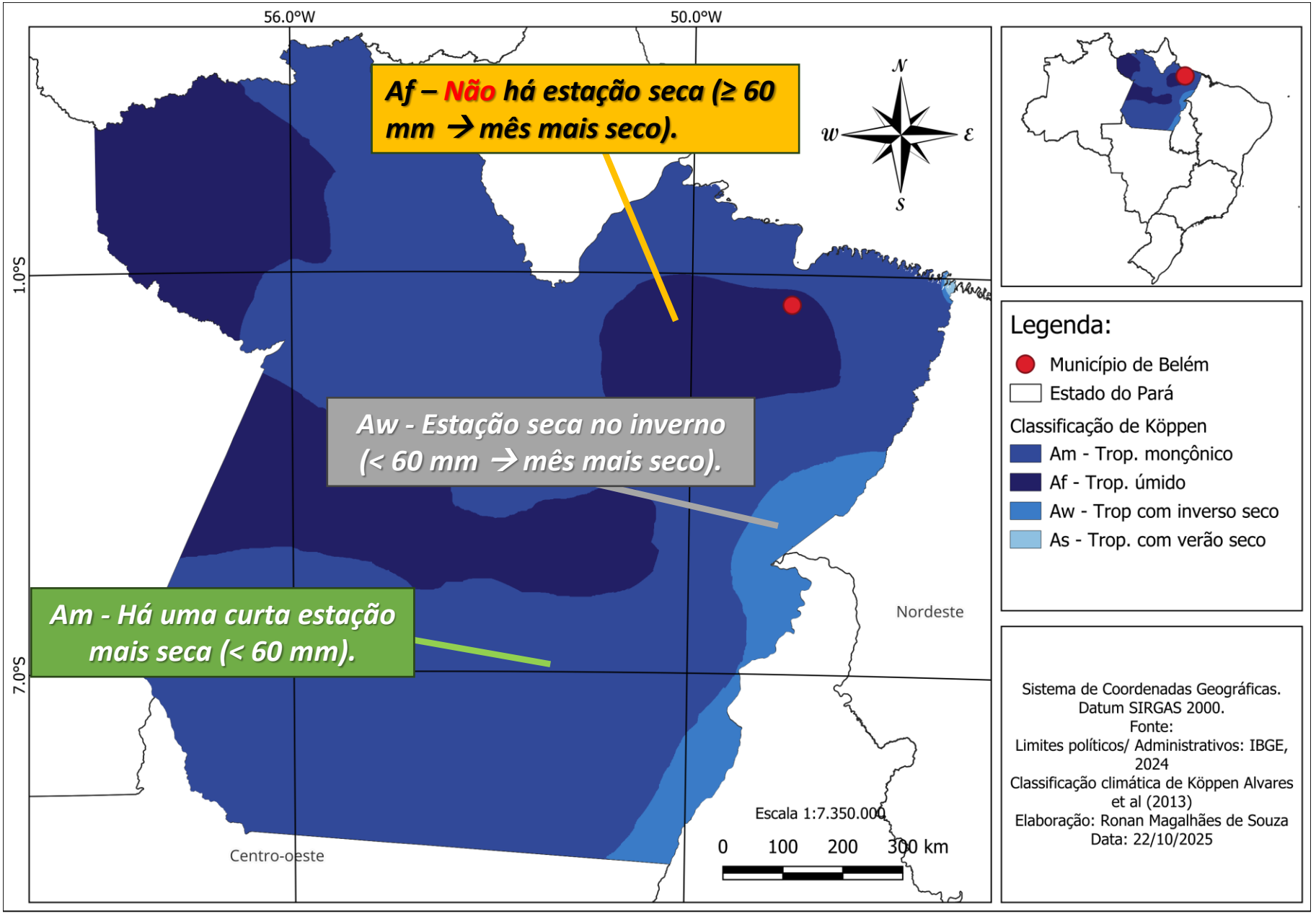






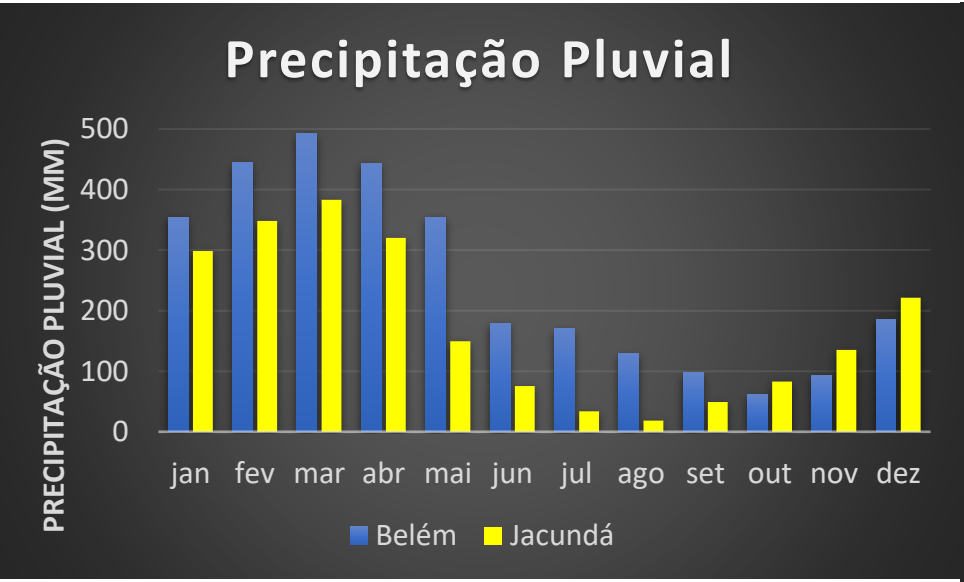


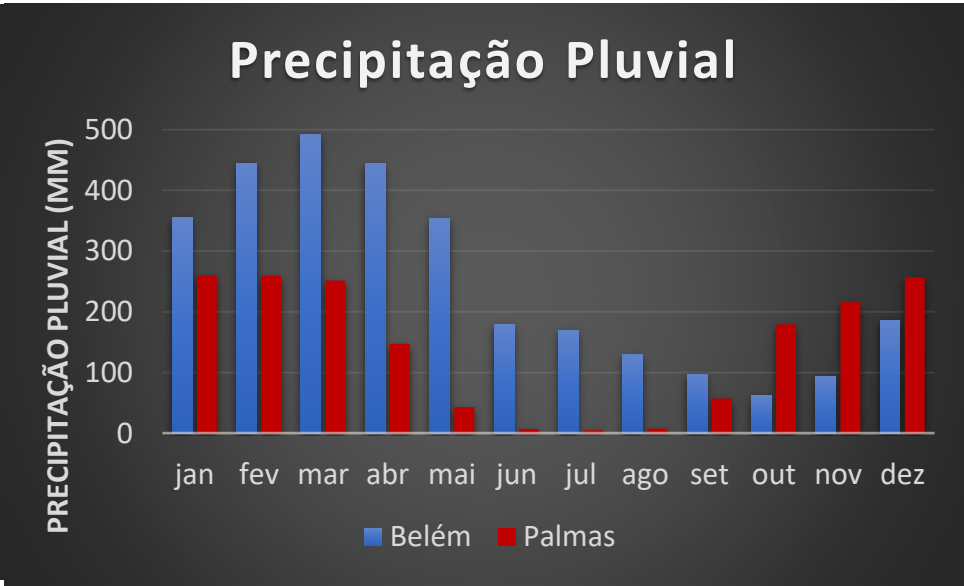
Zoneamento Agroecológico – clima




Jacundá, Pará, 04/10/2025

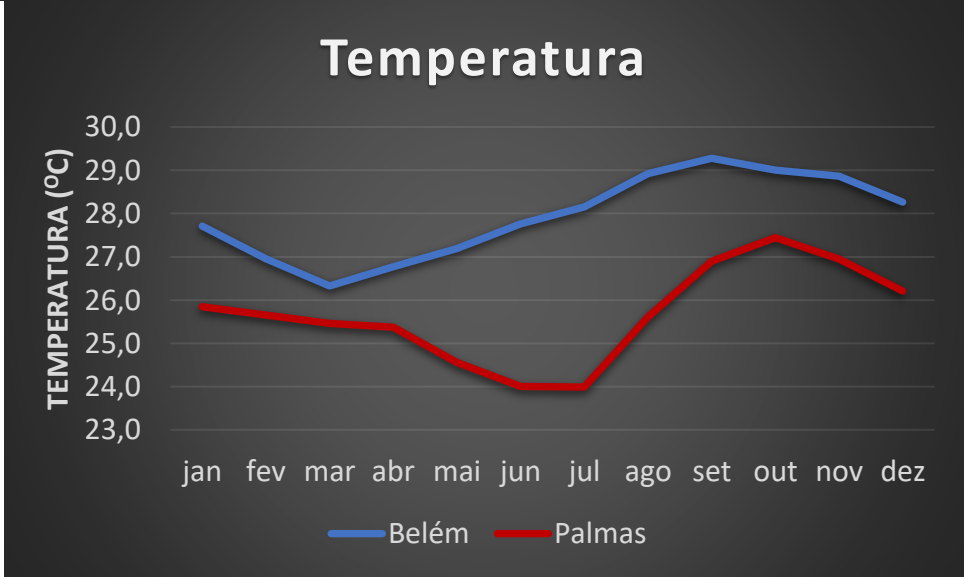
Zoneamento Agroecológico – clima
Precipitação Pluvial



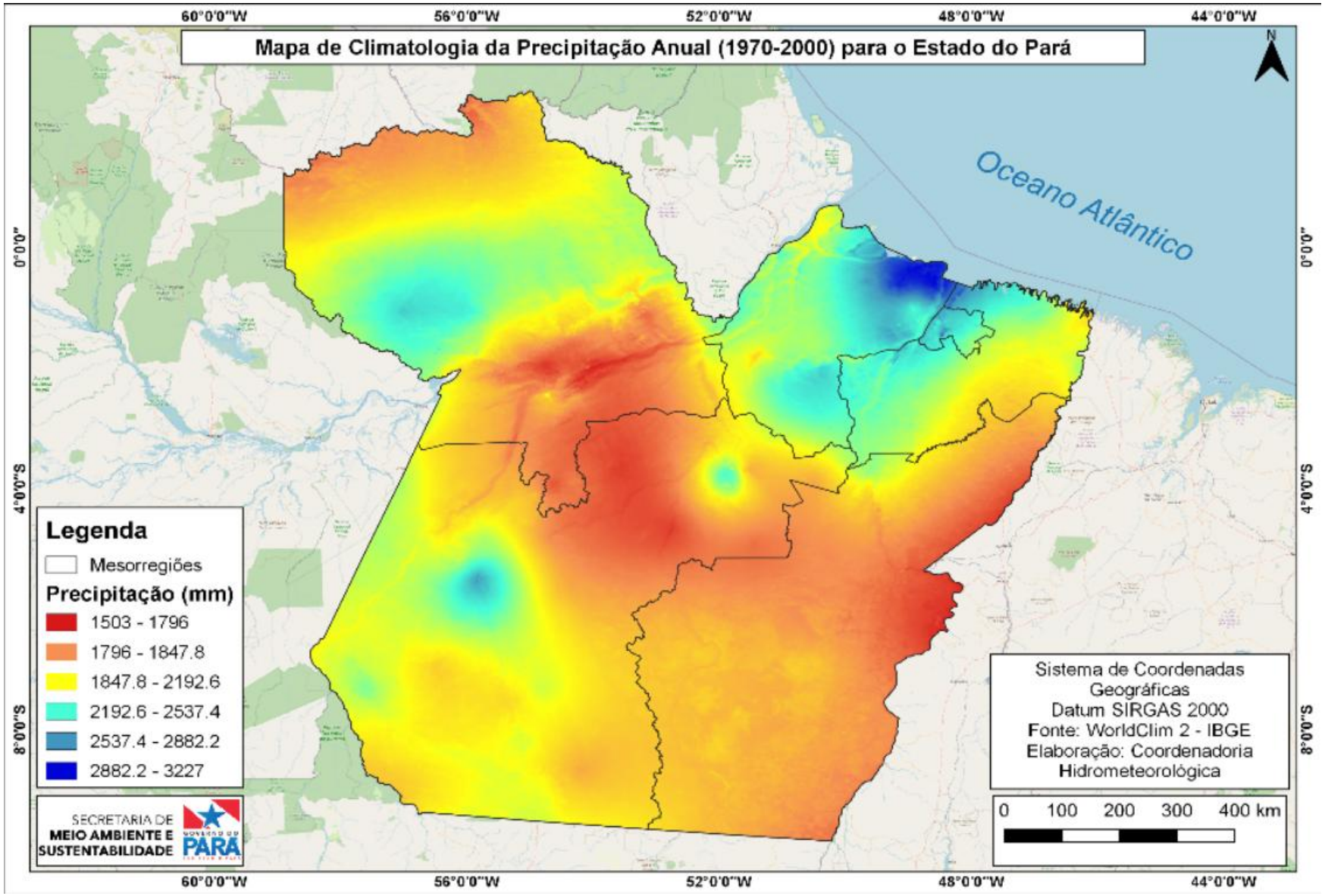


Belém (Af) – Não há estação seca (≥ 60 mm → mês mais seco).

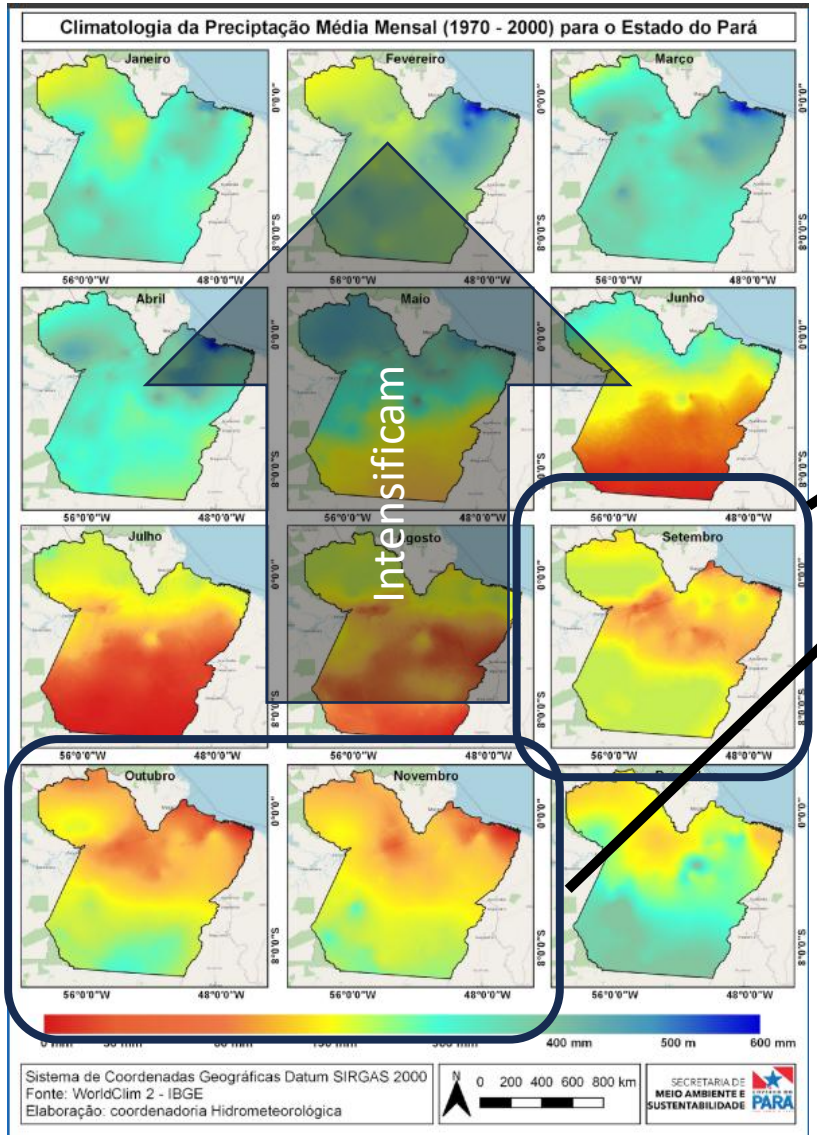
Palmas (Aw) - Estação seca no inverno (< 60 mm → mês mais seco).



Zoneamento Agroecológico – clima
Precipitação Pluvial



Zoneamento Agroecológico – clima
Precipitação Pluvial



1º As chuvas iniciam no Sul do Pará durante a primavera

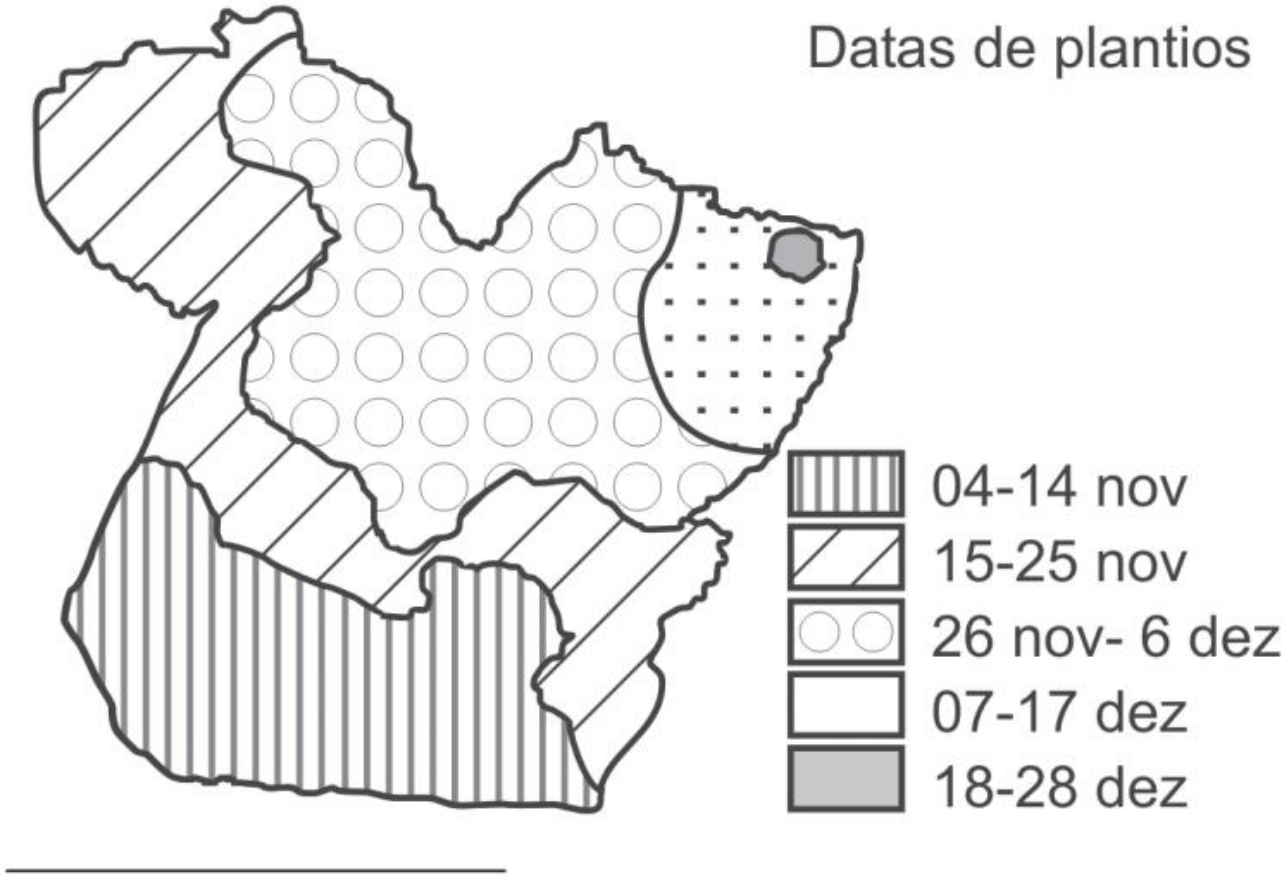
Temperatura Média Anual 25,5ºC e 27,1ºC

2º depois se intensificam no sentido Sul/Norte até o outono



Zoneamento Agroecológico

Clima

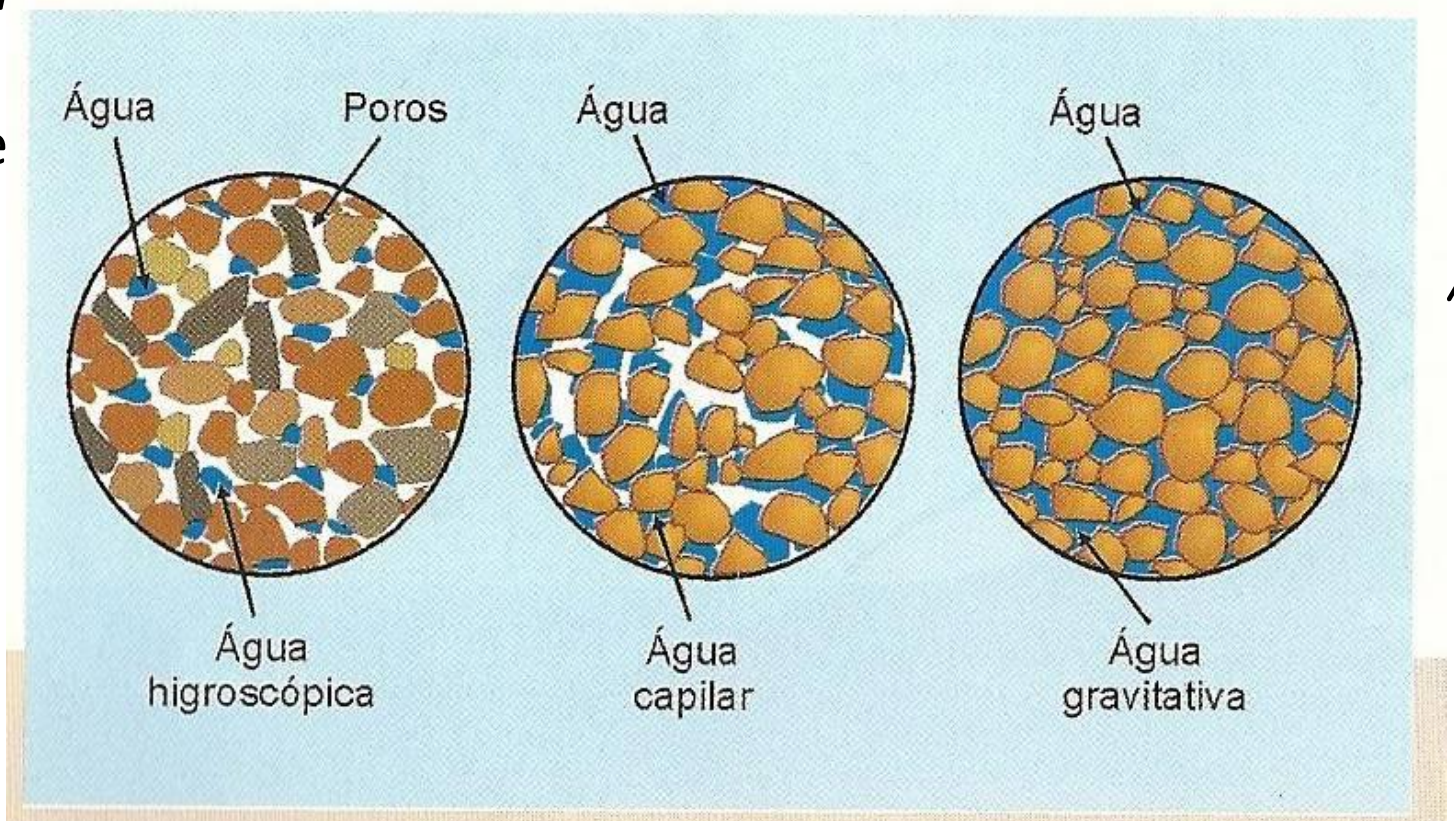


Representação estimativa de períodos de plantios no estado do Pará (Moraes et al., 2005).

Zoneamento Agroecológico – clima
Precipitação Pluvial

O principal fator de risco na produção agrícola:

✓ a se

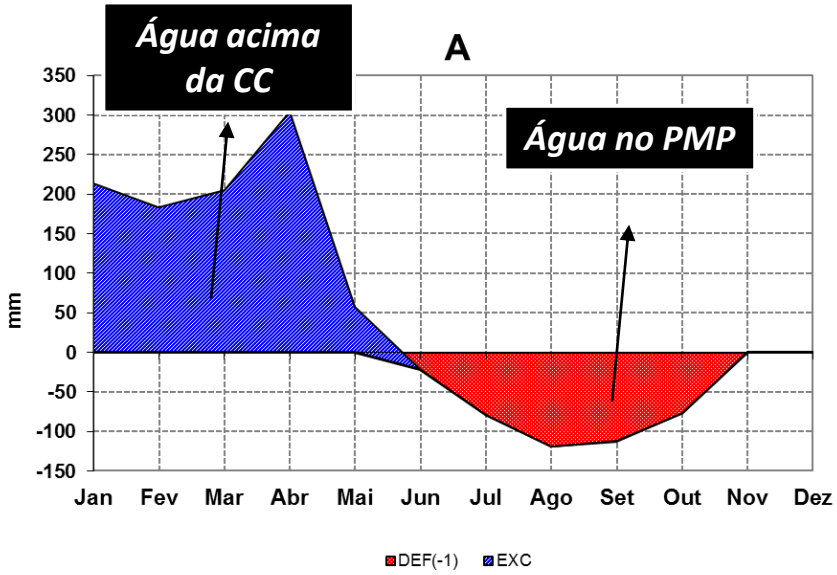


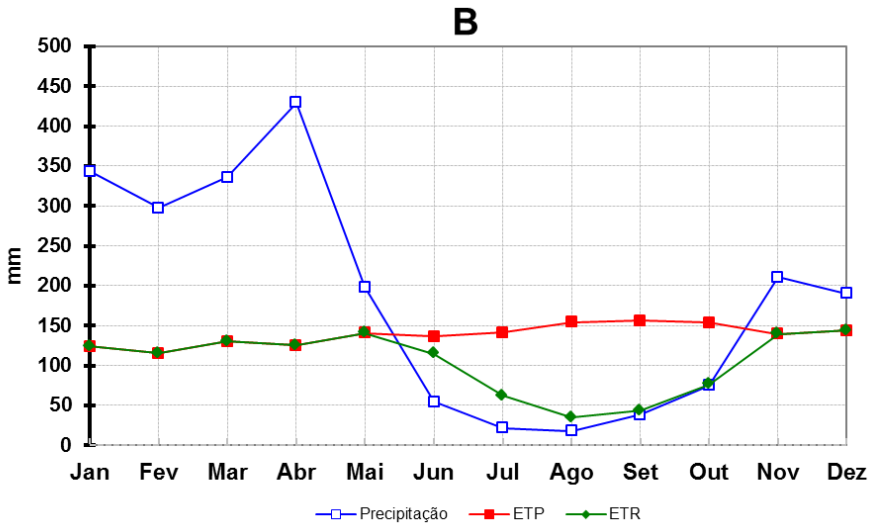
Formas de água no solo. A água higroscópica forma uma película fina que envolve as partículas do solo, enquanto a água capilar preenche os poros menores (poros capilares) e a água gravitativa, os poros maiores.

Zoneamento Agroecológico – clima
Precipitação Pluvial

O principal fator de risco na produção agrícola:

✓ a seca → deficiências hídricas (veranicos);





Extrato do Balanço Hídrico Mensal (A) e Balanço Hídrico Normal Mensal (B) no ano de 2020. Tomé-Açu-Pa, 2022.

(Fonte: Autores e Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, estação A213, 2022).

Zoneamento Agroecológico – clima
Precipitação Pluvial

O principal fator de risco na produção agrícola:

✓ a seca → deficiências hídricas (veranicos);

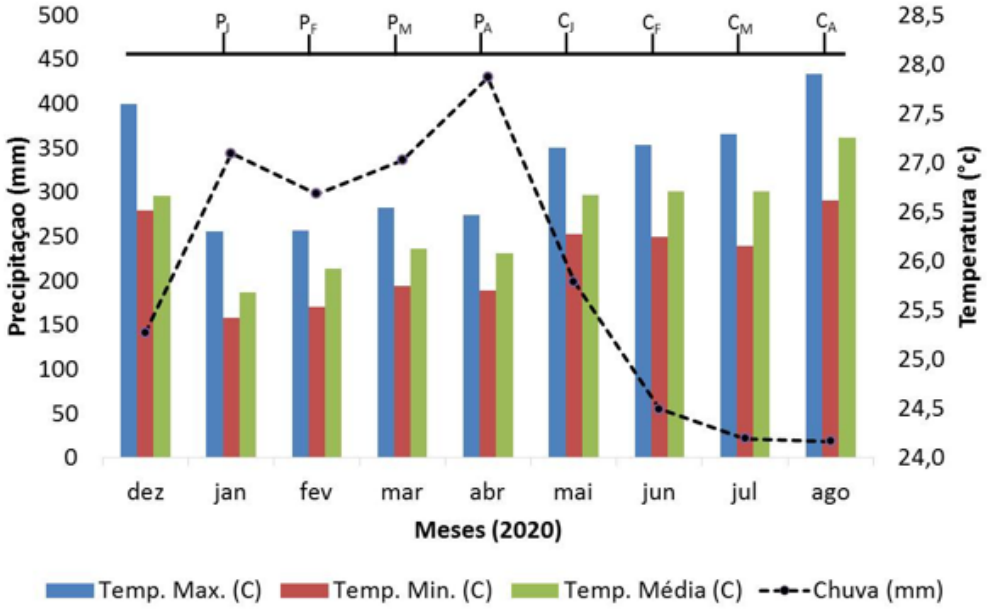


Figura 3 – Dados climáticos da precipitação pluvial média mensal e das temperaturas do ar média, máxima e mínima durante a condução do experimento, em Tomé-Açu-Pa. 2020. P – Plantio, C – colheita, J – janeiro, F – fevereiro, M – março e A – abril.

(Fonte: Autores e Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, estação A213, 2022).

Zoneamento Agroecológico – clima
Precipitação Pluvial

O principal fator de risco na produção agrícola:

✓ a seca → deficiências hídricas (veranicos);

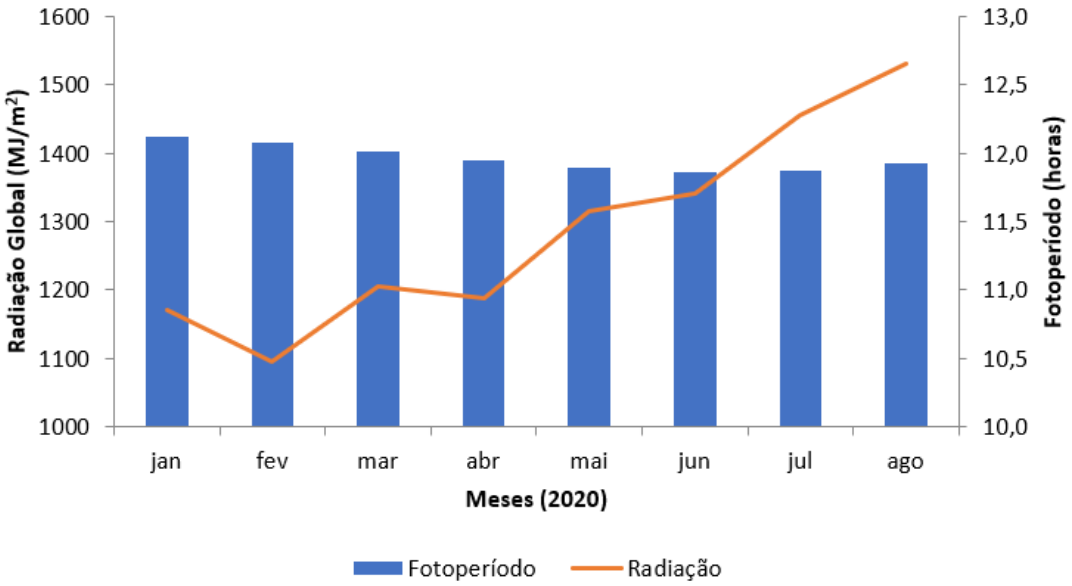


Figura 2 – Radiação solar média mensal ocorrida durante o período experimental e fotoperíodo do município de Tomé-Açu – PA. 2020.
(Fonte: Autores e Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, estação A213, 2022).

Zoneamento Agroecológico – clima
Precipitação Pluvial

O principal fator de risco na produção agrícola:

✓ a seca → deficiências hídricas (veranicos);

Tabela 3 – Produtividade média (sacas) de plantas de soja (Glicyne max (L.) Merrill) cultivadas em diferentes períodos no município de Tomé-Açu. Pa. 2020

Produtividade de grãos (sc/ha)			
Época de plantio	**Cultivares**		**Médias**
	BRS 333 RR	**BRS 9383 IPRÓ**	
Janeiro	47,80 aA	31,20 abB	39,50 a
Fevereiro	32,60 bcA	33,40 aA	33,00 ab
Março	36,00 abA	25,00 abB	30,50 b
Abril	22,00 cA	20,80 cA	21,40 c
Média	34,60 A	27,60 B	31,10

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

18,1 sc
x R$ 144,5

R$ 2.615,4

Zoneamento Agroecológico – clima
Precipitação Pluvial

O principal fator de risco na produção agrícola:

✓ a seca → deficiências hídricas (veranicos);

✓ o excesso de precipitação → muito comum na Amazônia;



Zoneamento Agroecológico – clima
Precipitação Pluvial

O principal fator de risco na produção agrícola:

✓ a seca → deficiências hídricas (veranicos);

✓ o excesso de precipitação → muito comum na Amazônia;



Ambiente (solo)

Aeróbio (***ideal***)

$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2\ H_2O$

Anaerobiose

$2NO_3^- + 12H^+ + 10e^- \rightarrow N_2 + 6\ H_2O$

$MnO_2 + 4H^+ + 2e^- \rightarrow Mn^{2+} + 2\ H_2O$

$Fe(OH)_3 + 3H^+ + e^- \rightarrow Fe^{2+} + 3\ H_2O$

Zoneamento Agroecológico – clima
Precipitação Pluvial

O principal fator de risco na produção agrícola:

✓ a seca → deficiências hídricas (veranicos);

✓ o excesso de precipitação → muito comum na Amazônia;

Arroz cultivado em solos inundados podem sofrer intoxicação com Fe;



Ambiente (solo)

Aeróbio (***ideal***)

$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2\ H_2O$

Anaerobiose

$2NO_3^- + 12H^+ + 10e^- \rightarrow N_2 + 6\ H_2O$

$MnO_2 + 4H^+ + 2e^- \rightarrow Mn^{2+} + 2\ H_2O$

$Fe(OH)_3 + 3H^+ + e^- \rightarrow Fe^{2+} + 3\ H_2O$

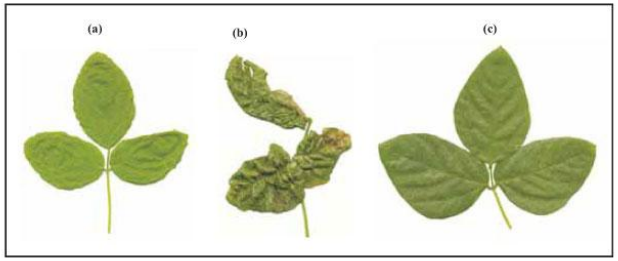


Figura 1. Sintomas de toxidez de Mn manifestada pelo cultivar IAC-15, a partir do oitavo dia após início do tratamento, considerando as doses de Mn de 200 µmol L^{-1} (a), de 250 µmol L^{-1} (b), em fase mais avançada, e de 2,0 µmol L^{-1} (c), com trifólio sadio, sem sintoma.


Shelbina. Nordeste de Missoure
. (Peter C. Scharf, 2013)

Zoneamento Agroecológico – clima
Precipitação Pluvial

O principal fator de risco na produção agrícola:

✓ a seca → deficiências hídricas (veranicos);

✓ o excesso de precipitação → muito comum na Amazônia;

Indicadores climáticos para o cultivo da mandioca (SEMAS, 2021)

Fatores climáticos	Faixas de Aptidão		
	Ideal	Tolerável	Não Indicado
Faixa Térmica (°C)	20 – 27	16 – 38	< 15 > 38
Precipitação (mm/ano)	1000 – 1500	300 – 4000	< 300 > 4000

Pode ser cultivada em regiões semiáridas, com 500 a 700 mm de chuva por ano

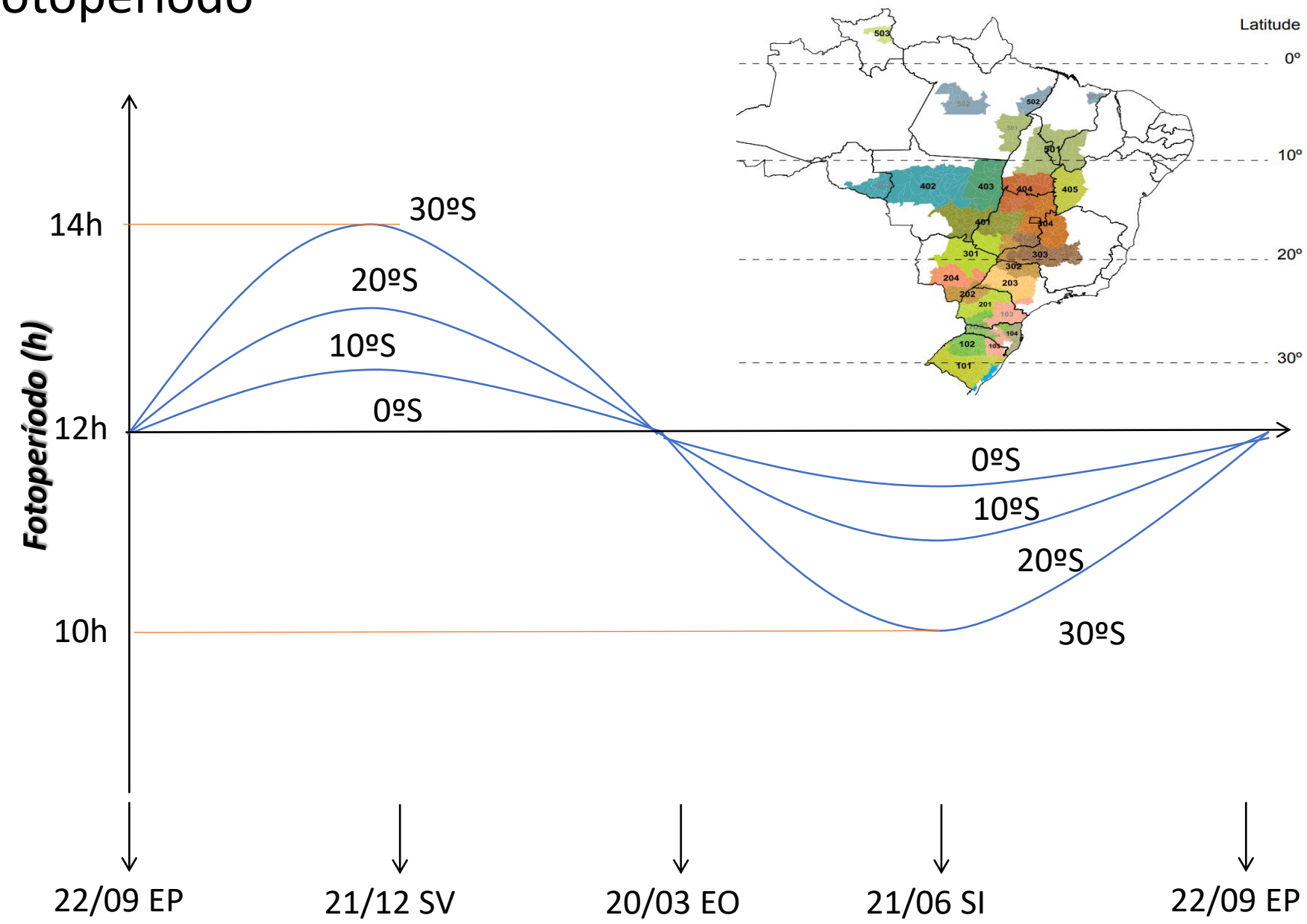
Zoneamento Agroecológico – clima
Precipitação Pluvial

O principal fator de risco na produção agrícola:

- ✓ a seca → deficiências hídricas (veranicos);
- ✓ o excesso de precipitação → muito comum na Amazônia;
- ✓ a baixa luminosidade (fotoperíodo) → pouco afetado próximo ao equador; e

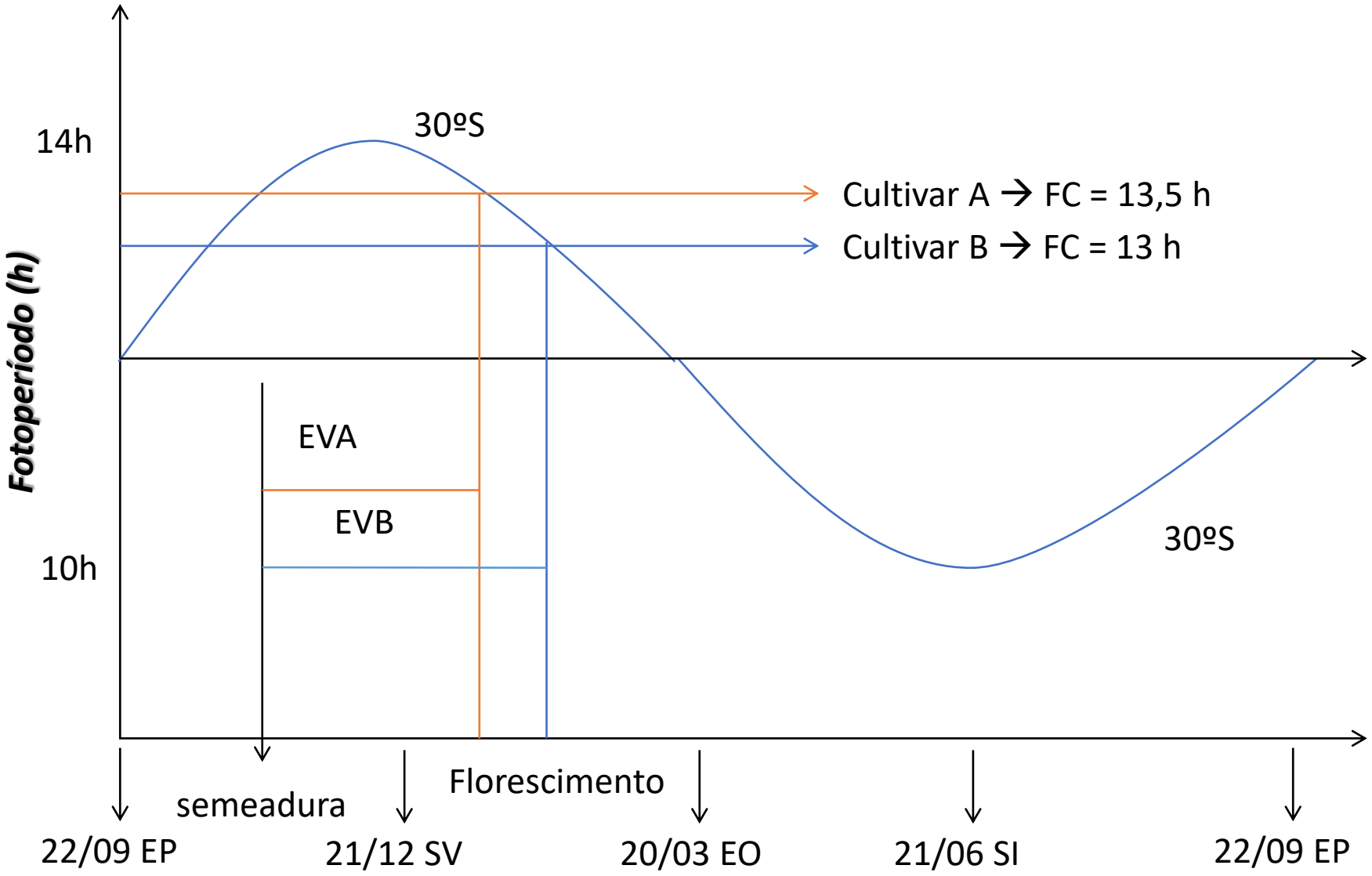
Zoneamento Agroecológico – clima

Fotoperíodo



Zoneamento Agroecológico – clima

Fotoperíodo



Zoneamento Agroecológico – clima
Temperatura

O principal fator de risco na produção agrícola:

- ✓ a seca → deficiências hídricas (veranicos);
- ✓ o excesso de precipitação → muito comum na Amazônia;
- ✓ a baixa luminosidade (fotoperíodo) → pouco afetado próximo ao equador; e
- ✓ temperaturas extremas → baixas ou elevadas.

Zoneamento Agroecológico

Clima



Zoneamento Agroecológico

Clima

Mapa de aptidão climática para cultura do feijão comum para o cenário chuvoso.

Excesso de chuva 32,5%

Falta de Chuva 28,9%

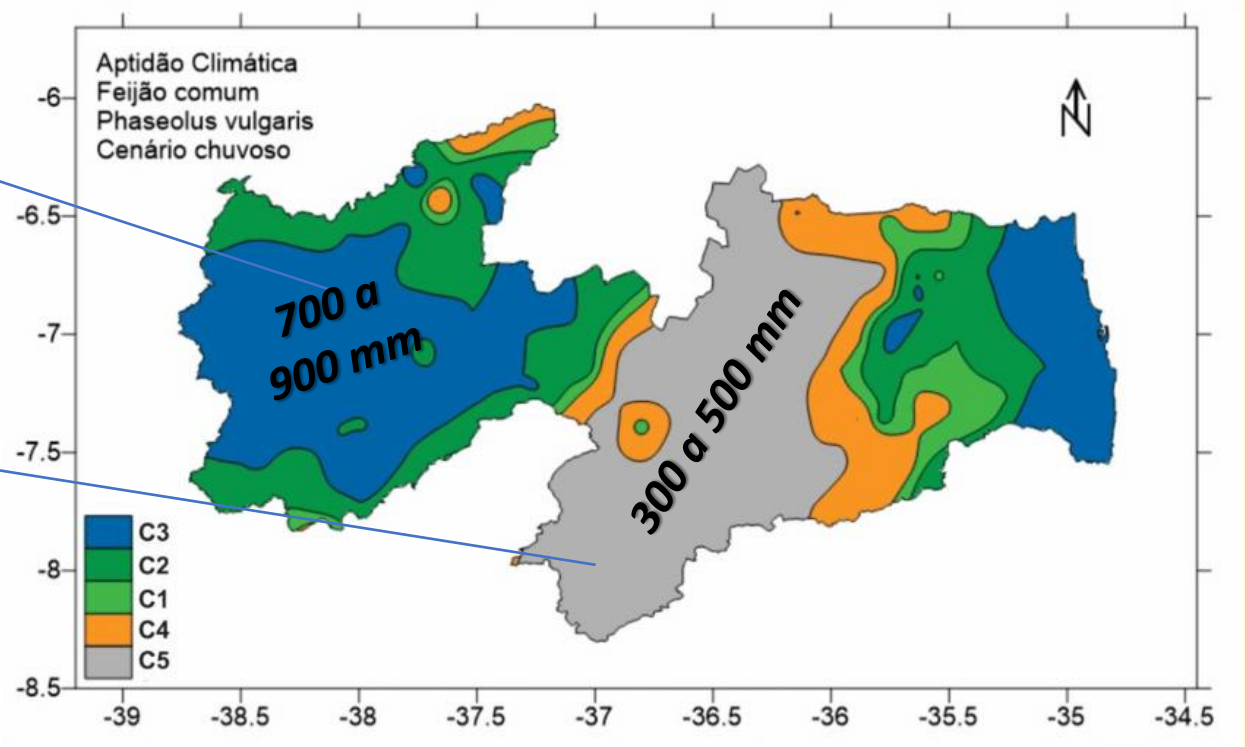


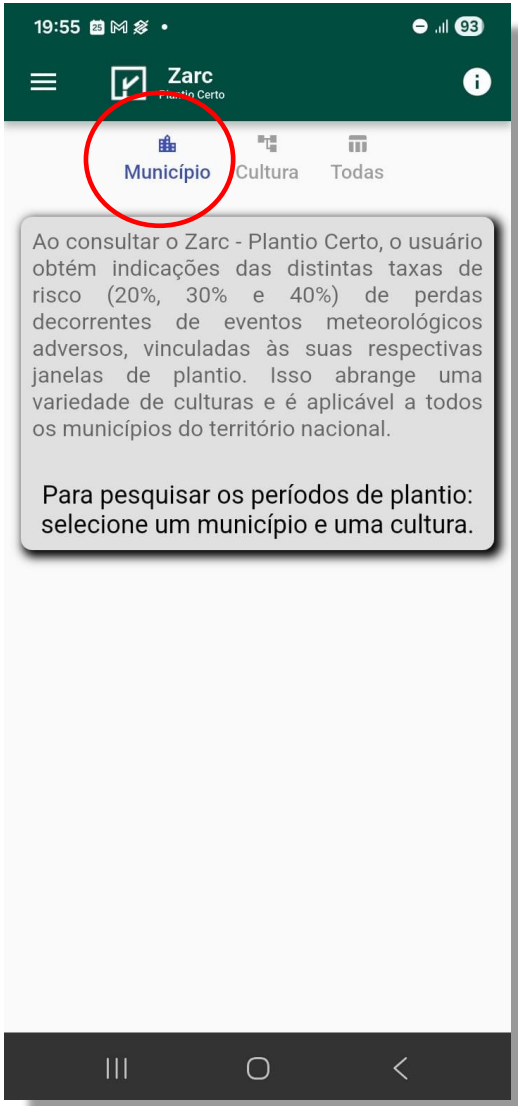
Tabela 1. Classes de aptidão climática

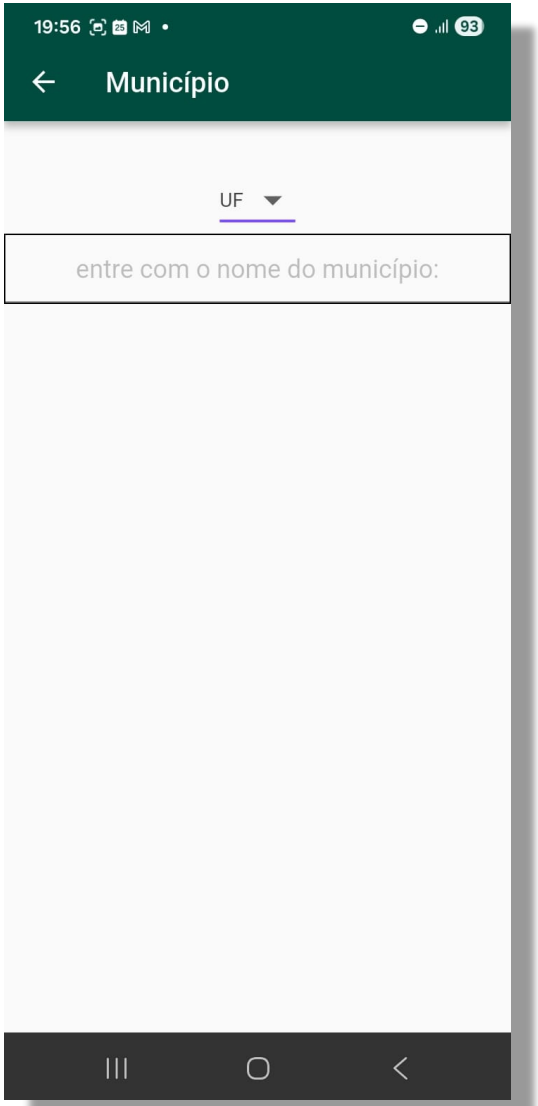
Legenda	Aptidão Climática
C1	Plena
C2	Plena com período chuvoso prolongado
C3	Moderada por excesso hídrico
C4	Moderada por deficiência hídrica
C5	Inapta por deficiência hídrica acentuada

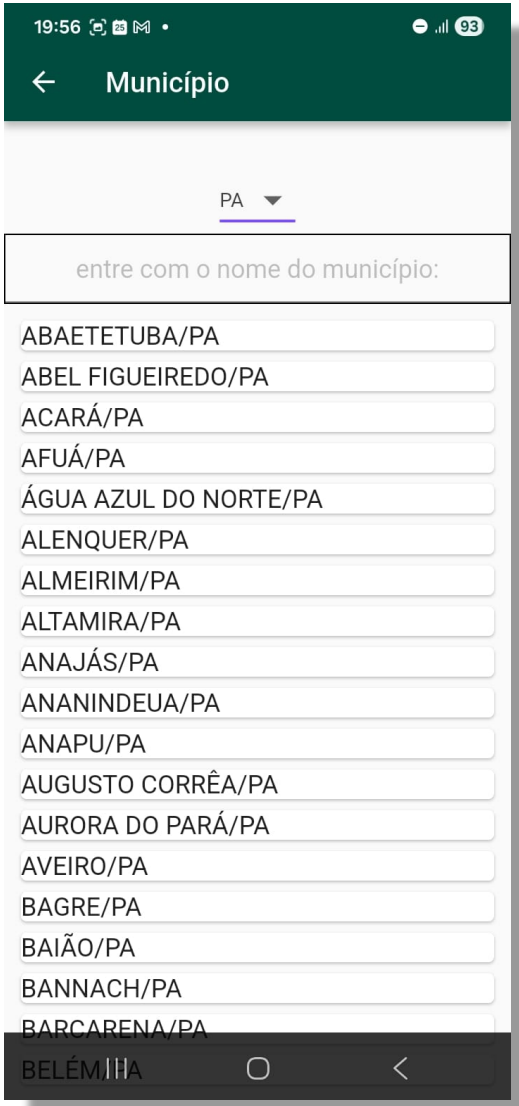
Fonte: Barros et al. (2012).

Zoneamento Agroecológico

Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC/EMBRAPA



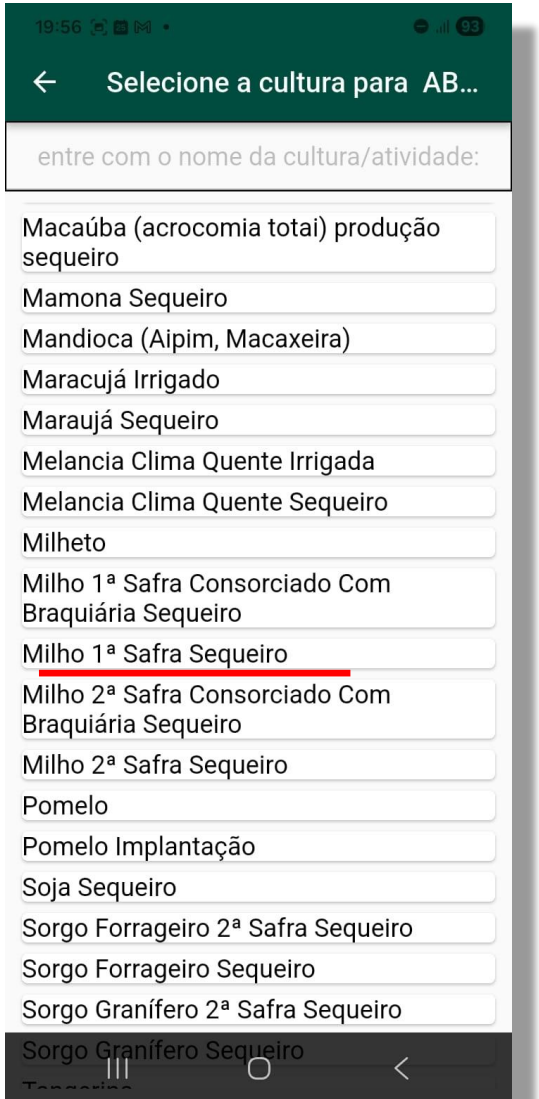




Zoneamento Agroecológico

Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC/EMBRAPA

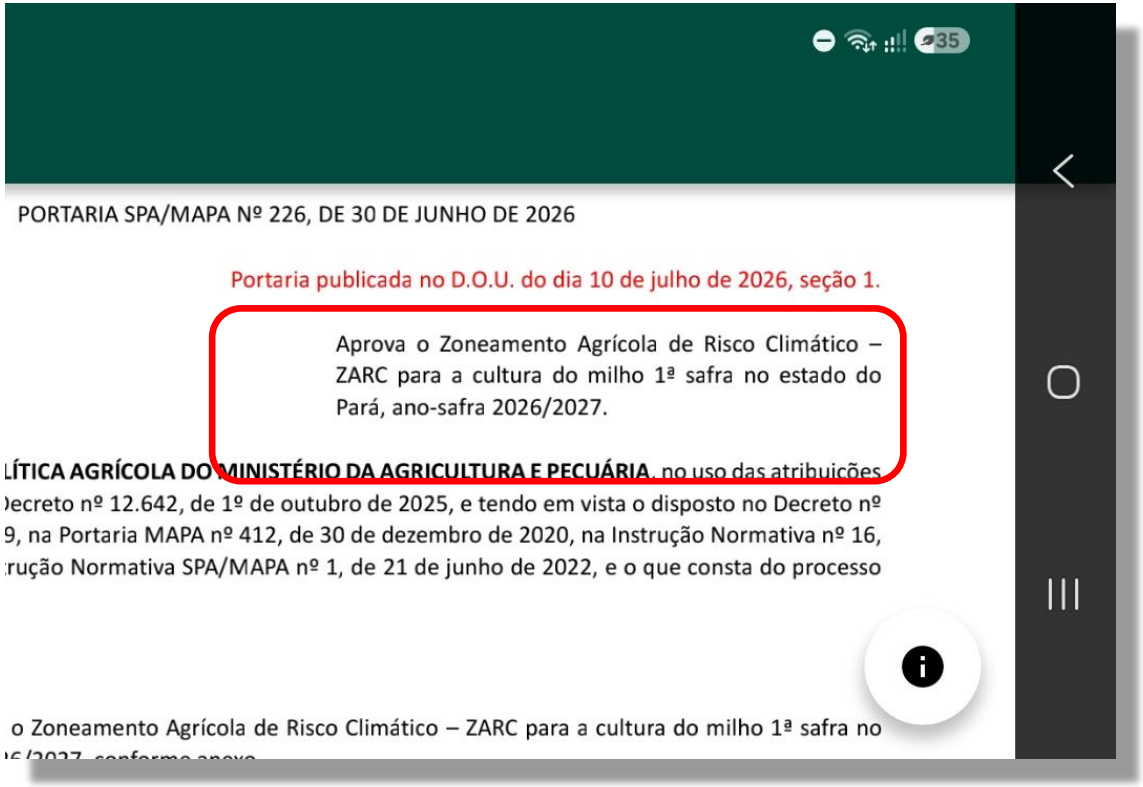






Zoneamento Agroecológico

Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC/EMBRAPA



PORTARIA SPA/MAPA Nº 226, DE 30 DE JUNHO DE 2026

Portaria publicada no D.O.U. do dia 10 de julho de 2026, seção 1.

Aprova o Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC para a cultura do milho 1ª safra no estado do Pará, ano-safra 2026/2027.

LÍTICA AGRÍCOLA DO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA, no uso das atribuições
)ecreto nº 12.642, de 1º de outubro de 2025, e tendo em vista o disposto no Decreto nº
9, na Portaria MAPA nº 412, de 30 de dezembro de 2020, na Instrução Normativa nº 16,
rução Normativa SPA/MAPA nº 1, de 21 de junho de 2022, e o que consta do processo

o Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC para a cultura do milho 1ª safra no



Zoneamento Agroecológico

Zoneamento para o milho no Pará (portaria SPA/MAPA 226/26)

<u>Produtividade de milho</u>:

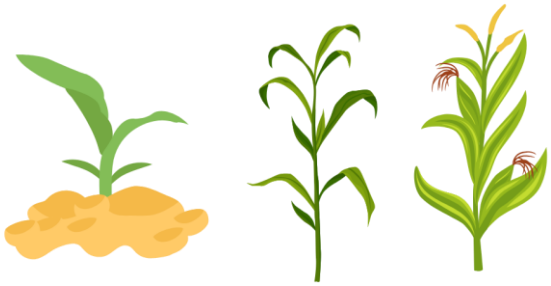
- ✓ Disponibilidade hídrica (500 a 800 mm);
- ✓ Temperatura é o principal fator;
- ✓ Translocação de fotoassimilados.

✓ Fase crítica (água) → enchimento de grãos;

✓ Temperatura:

- Germinação → > 10 ºC
- Diurna → 30 e 33 ºC
- Noturna → 17 e 23 ºC

Os períodos de plantio foram classificados de acordo com o nível de risco climático de 20, 30 e 40% em função de:



Zoneamento Agroecológico

Zoneamento para o milho no Pará (portaria SPA/MAPA 226/26)

Produtividade de milho:

- ✓ Disponibilidade hídrica (500 a 800 mm);
- ✓ Temperatura é o principal fator;

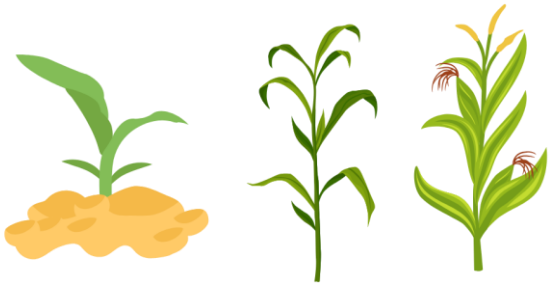
Risco de temperatura muito baixa (< 18ºC na fase III)

Risco de deficiência hídrica severa (fase I e III)

Risco de excesso hídrico (fase IV)

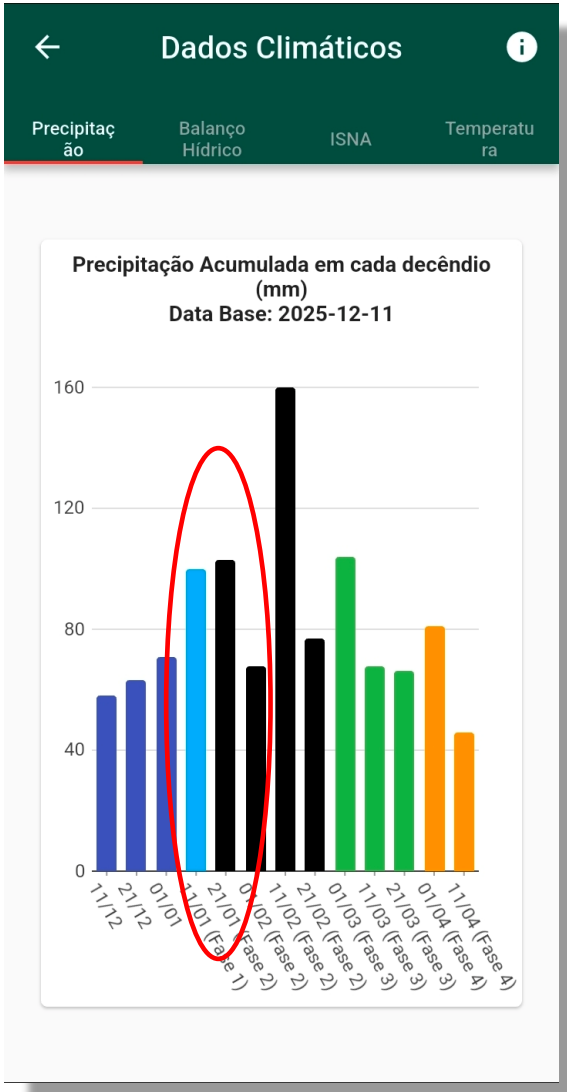
Os períodos de plantio foram classificados de acordo com o nível de risco climático de 20, 30 e 40% em função de:

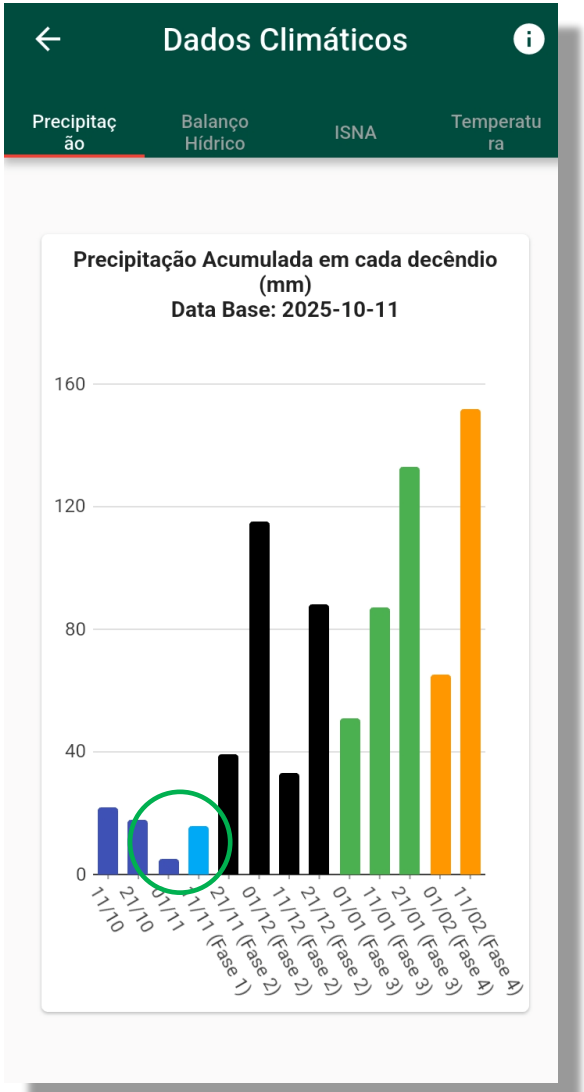
Grupo	Fase I	Fase II	Fase III	Fase IV	Ciclo
I	20	30	30	20	900 a 110
II	20	40	40	20	111 a 130
III	20	50	50	20	>130



Zoneamento Agroecológico

Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC/EMBRAPA

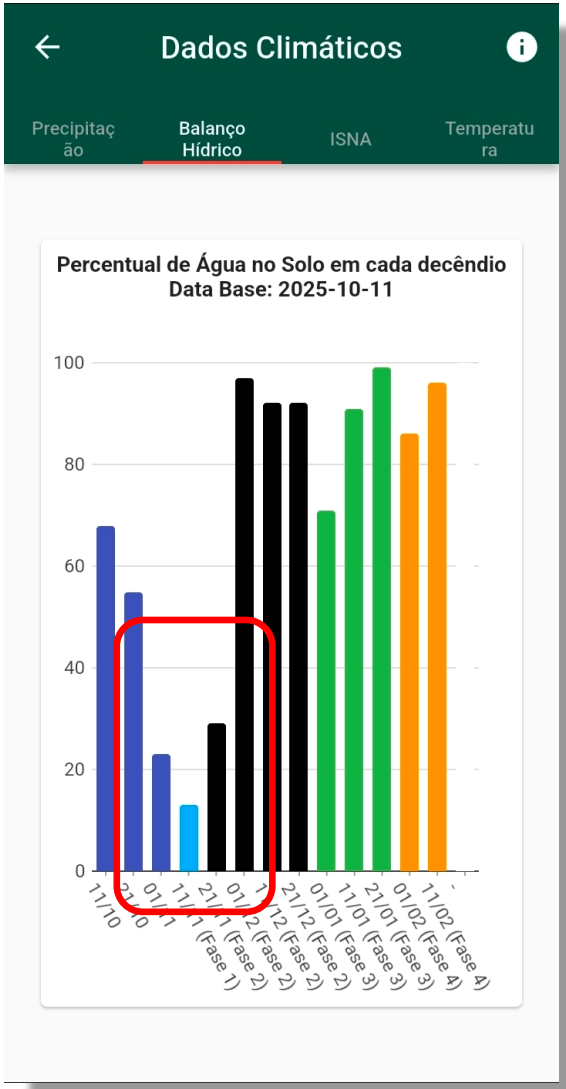


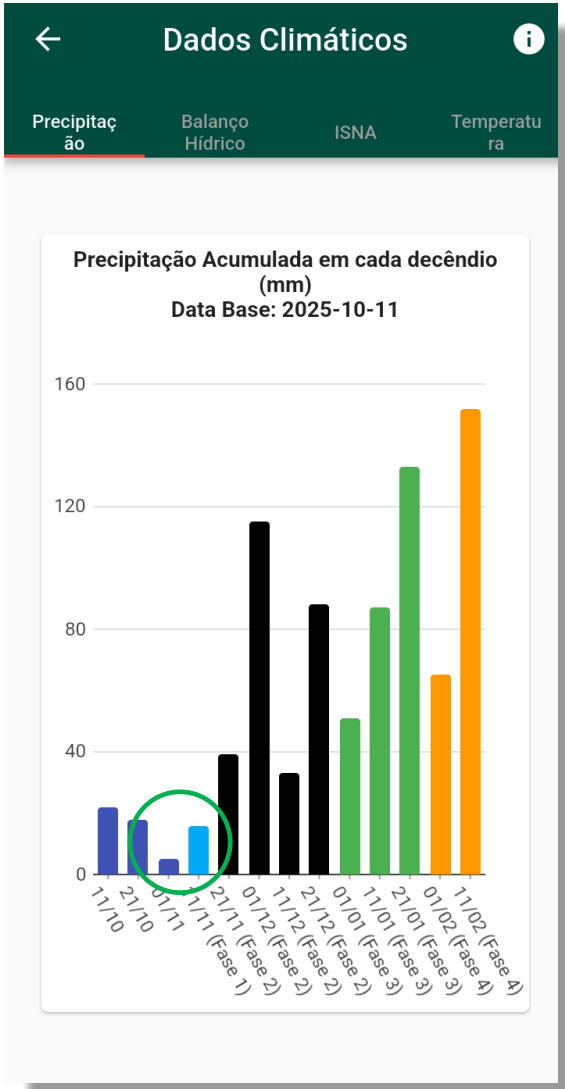




Zoneamento Agroecológico

Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC/EMBRAPA

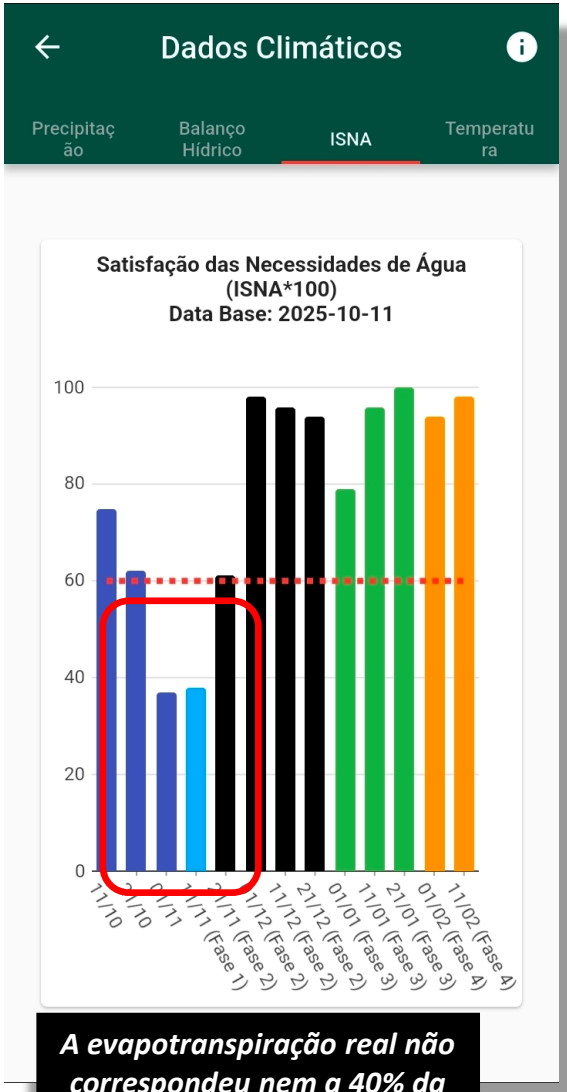




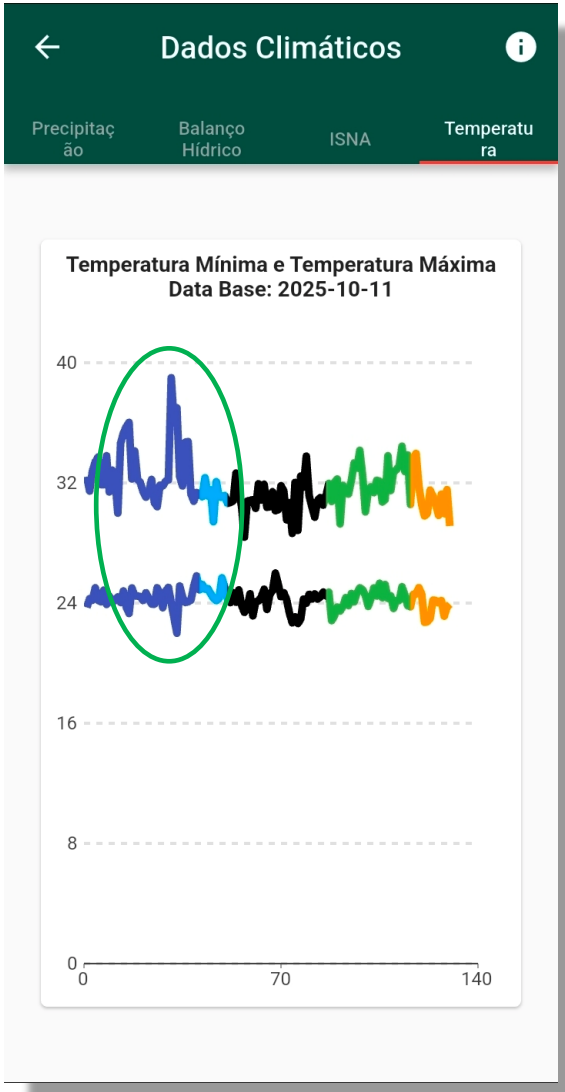


Zoneamento Agroecológico

Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC/EMBRAPA



A evapotranspiração real não correspondeu nem a 40% da demanda hídrica





Zoneamento Agroecológico

Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC/EMBRAPA

Caracterização do Clima

Tabela histórica decendial para o mês de Janeiro

Histórico decendial nos últimos 5 anos

Dec.		Chuva	TMin (°C)	TMax
1	Min	92	8.5	10.8
1	Max	156	27.8	35.1
1	Med	124	21.5	27.6
2	Min	24	12.8	14.9
2	Max	135	27.2	33.7
2	Med	91	21.0	27.0
3	Min	56	12.2	16.3
3	Max	110	26.3	34.1
3	Med	79	21.9	28.1

Histórico decendial, considerando série de 26 anos.

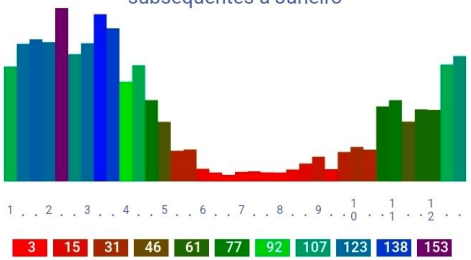
Dec.		Chuva	TMin (°C)	TMax
1	Min	30	8.5	10.8
1	Max	232	28.6	35.4
1	Med	102	23.0	30.8
2	Min	24	12.8	14.9
2	Max	280	28.2	38.3
2	Med	122	22.8	30.7
3	Min	48	12.2	16.3
3	Max	320	27.6	34.9
3	Med	126	23.1	30.8

Caracterização do Clima

Dados históricos do clima referentes ao mês de Janeiro

	Chuva (mm)	TMin (°C)	TMax (°C)
Mínima	197	8.5	10.8
Máxima	643	28.6	38.3
Média	349	23.0	30.8

Média histórica de precipitação nos 36 decêndios subsequentes a Janeiro



Legenda: As cores indicam a quantidade acumulada de chuva (mm), variando do menor (vermelho) ao maior valor (roxo).



Zoneamento Agroecológico

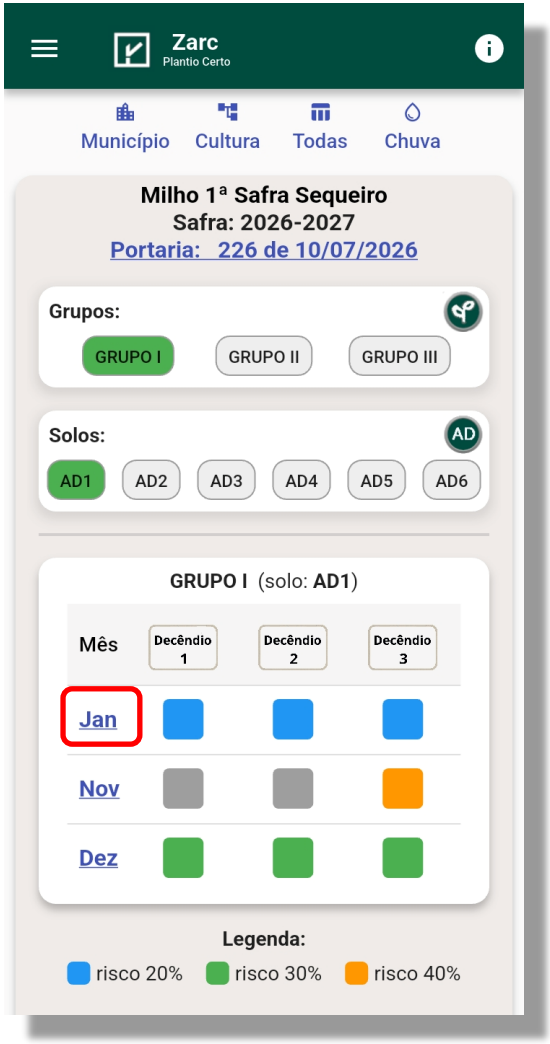
Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC/EMBRAPA

Distribuição Histórica da Chuva por Decêndio – Janeiro

Percentis de precipitação acumulada (mm) para cada período de 10 dias.

chuva	P10	P25	P50	P75	P95
dias 01-10	46	71	99	130	181
dias 11-20	59	78	134	154	191
após dia 21	65	82	103	156	257

Em cerca de 10% dos anos a chuva acumulada foi ≤ a 46 mm e em 90% dos anos foi maior do que 46 mm



✓ *Aplicação prática:*

Formação de pastagem com Brachiaria → de 30 a 60 mm em 7-10 dias. Qual o decêndio ideal para o plantio???

✓ *P75 e 95:*

Eventos de chuvas mais intensos → análise para risco de enxurrada e erosão do solo ***(P95 → 259 mm/10 dias)***

✓ *P50 (mediana) → pode ser usado para indicar melhor período para o plantio*

Zoneamento Agroecológico

Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC/EMBRAPA

Distribuição Histórica da Chuva por Decêndio – Janeiro

Percentis de precipitação acumulada (mm) para cada período de 10 dias.

chuva	P10	P25	P50	P75	P95
dias 01-10	46	71	99	130	181
dias 11-20	59	78	134	154	191
após dia 21	65	82	103	156	257



✓ *Aplicação prática 2:*

Considerando que um milho foi plantando em 28 de novembro em Abel Figueiredo e que, em janeiro, estava entre V8 e VT identifique se haveria risco à lavoura por stress hídrico.

$ETo = 4{,}0\ mm/dia$

$Kc_{milho} = 1{,}15$

$ETc = ETo\ x\ Kc$

$ETc = 4{,}0\ x\ 1{,}15$

$ETc = 4{,}6\ mm/dia\ x\ 10\ dias$

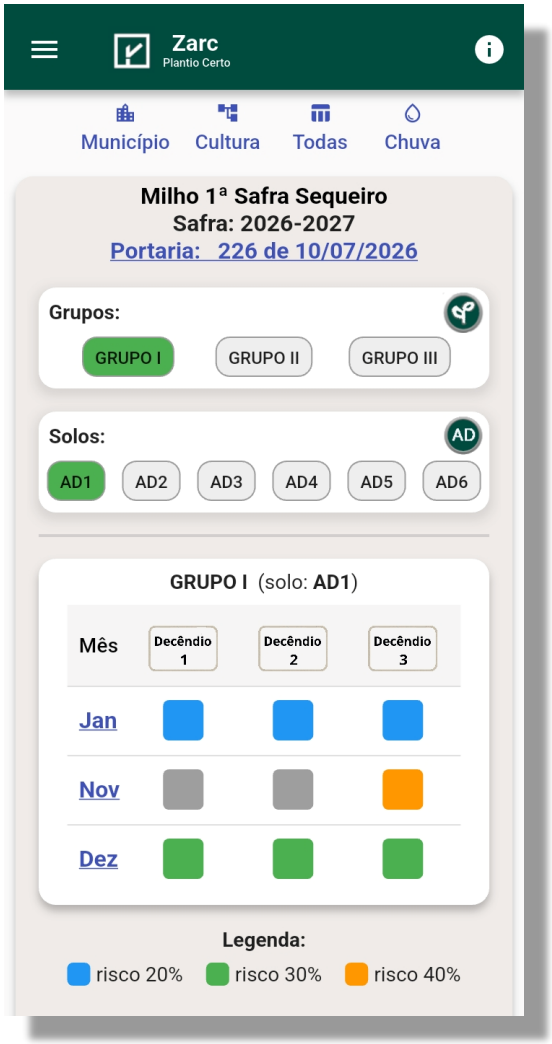
$ETc = 46\ mm\ no\ decêndio$

Zoneamento Agroecológico

Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC/EMBRAPA



2025/2026



2026/2027

Zoneamento Agroecológico

Síntese de Aula

- ✓ O ZAE é uma ***ciência multicritério*** que avalia e mapeia recursos naturais para identificar ***limitações e potencialidades*** ambientais, visando o uso sustentável, manejo e conservação desses recursos.

- ✓ ***As geotecnologias***, como SIGs, Sensoriamento Remoto, GNSS, Cartografia Digital e Modelagem Espacial, ***são ferramentas essenciais*** para a avaliação e integração desses critérios, permitindo a identificação de áreas com maior potencial agrícola e a indicação de áreas inaptas para a agricultura.

- ✓ ***O clima é fator crucial no ZAE***, principalmente a precipitação pluvial e a temperatura. O principal ***fator de risco na produção agrícola é a seca*** (deficiências hídricas), ***o excesso de precipitação*** e as temperaturas extremas.

Zoneamento Agroecológico

Síntese de Aula

- ✓ O Zoneamento Agrícola de Risco Climático (***ZARC/EMBRAPA***) é uma ferramenta importante para o ***planejamento agrícola***, considerando fatores climáticos e de solo para determinar as melhores épocas de plantio e os riscos associados.