

**LPV0557: PRODUÇÃO DE ARROZ, FEIJÃO, MILHO E TRIGO**

Local: Anfiteatro Heitor Montenegro. Dr. Durval Dourado Neto (ddourado@usp.br). +(19)3429.4110

Segunda-feira (turma 1) - 8:00h às 10:00h e 10:30h às 11:50h ( ) Terça-feira (turma 3) - 8:00h às 10:00h e 10:30h às 11:50h ( )

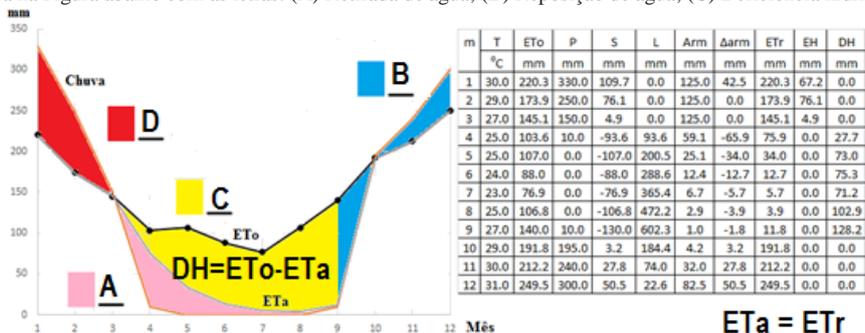
Segunda-feira (turma 2) - 14:00h às 16:00h e 16:30h às 17:50h ( ) Terça-feira (turma 4) - 14:00h às 16:00h e 16:30h às 17:50h ( )

Nome: \_\_\_\_\_

**Questão 1.** Discuta a importância da definição da época de semeadura e da escolha do cultivar de feijão levando em consideração temperatura e chuva.

A importância é a adequação do genótipo ao ambiente de produção com o objetivo de otimizar o uso dos seguintes recursos naturais: radiação fotossinteticamente ativa, temperatura, dióxido de carbono e água (C, H e O representam cerca de 96% da massa de matéria seca e mais de 90% da massa de matéria fresca) e fotoperíodo (dependente da latitude e da declinação solar).

**Questão 2.** Preencha a Legenda na Figura abaixo com as letras: (A) Retirada de água; (B) Reposição de água; (C) Deficiência hídrica e (D) Excedente hídrico.



Discuta a importância da realização do balanço hídrico (abordagens: agricultura e preservação do ambiente, em termos de erosão e lixiviação).

O balanço hídrico permite visualizar qual o sistema de produção agrícola pode ser utilizado no ambiente de produção em estudo, como a necessidade de agricultura irrigada (com base na deficiência hídrica), definição da safra das águas, possibilidade da safrinha e em que nível tecnológico, bem como o manejo ecológico e plantas daninhas, pragas e doenças, além da viabilidade do uso do sistema integração Lavoura - Pecuária - Floresta. Além disso, no período de excedente hídrico, pode-se estabelecer estratégias de manejo para minimizar erosão (prever maior cobertura vegetal no período de máxima erosividade, principalmente nos locais de maior erodibilidade) e lixiviação (N principalmente).

**Questão 3.** Qual a importância do sol à agricultura?

**4H → 1He**  
 $\Delta m = m = 0,029158$  (Bethe, 1937)  
 $C = 299.792.458 \text{ m.s}^{-1}$  (Michelson, 1926)  
 $E = m.c^2$

149.597.871 km  
 $Q_o = 1366 \text{ W m}^{-2}$   
 $Q_g = 1366 \text{ J s}^{-1} \text{ m}^{-2}$   
 $Q_g = 3,78 \cdot 10^{21} \text{ fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$

91,2%: H  
 8,7%: He  
 0,1%: C e O

Em 1937 Hans Albrecht Bethe (1906-2005) ...  
 ...600 milhões de toneladas de hidrogênio em hélio por segundo.

**INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES:**

H: átomo de hidrogênio  
 He: átomo de hélio  
 Sistema agrícola (sistema fechado, termodinamicamente)  
 c: velocidade da luz (m.s<sup>-1</sup>)  
 E: energia (J)  
 Distância do sol ao topo da atmosfera da Terra: 149.597.871 km  
 Hans A. Bethe: prêmio Nobel de física em 1937  
 Para cada mol de hélio (He) formado, há uma massa residual de 0,029158 g que percorre a distância de 149.597.871 km, do sol ao topo da atmosfera, na velocidade da luz (299.792.458 m.s<sup>-1</sup>) originando a radiação extraterrestre (Qo - 1.366 J.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>), dada pela soma de diferentes radiações (raios x, raios gama, ultra violeta, radiação fotossinteticamente ativa e infra vermelho). Para efeito prático, a radiação global (Qg), radiação fotossinteticamente ativa e infra vermelho, é a que atinge as plantas de feijão.

O sol é a fonte de radiação solar (energia externa – radiação fotossinteticamente ativa) que é necessária ao processo de fotossíntese, que é a base da existência de vida no planeta Terra (produção de biomassa). Sem sol não haveria agricultura.

**Questão 4.** Considere uma produtividade de 3000 kg.ha<sup>-1</sup> (Pu) de grãos de feijão, teor de água no grão de 12% (u = 0,12 kg.kg<sup>-1</sup> – kg de água por kg de grão seco), índice de colheita de 30% (IC = 0,30 kg.kg<sup>-1</sup> - kg de grão seco por kg de massa de matéria seca total - MST), duração do ciclo de 105 dias, evapotranspiração real média (ETr) do ciclo de 4 mm.dia<sup>-1</sup> (assuma que a evaporação - E - e 5% da evapotranspiração) e teor de nutrientes (kg.kg<sup>-1</sup> - kg do nutriente por kg de massa de matéria seca total) conforme tabela a seguir (Or: nutrientes orgânicos, M<sub>1</sub>: macronutrientes primários, M<sub>2</sub>: macronutrientes secundários e Mi: micronutrientes):

Or	kg.kg <sup>-1</sup> (%)	M <sub>1</sub>	kg.kg <sup>-1</sup> (%)	M <sub>2</sub>	kg.kg <sup>-1</sup> (%)	Mi	kg.kg <sup>-1</sup> (%)	Outros	kg.kg <sup>-1</sup> (%)
C	0,45 (45%)	N	0,015 (1,5%)	Ca	0,005 (0,5%)	B	0,00002 (0,00200%)	Na, Si, Co, etc.	0,0047 (0,47%)
O	0,45 (45%)	P	0,002 (0,2%)	Mg	0,002 (0,2%)	Cl	0,0001 (0,01000%)	-	-
H	0,06 (6%)	K	0,010 (1,0%)	S	0,001 (0,1%)	Cu	0,000006 (0,00060%)	-	-
-	-	-	-	-	-	Fe	0,0001 (0,01000%)	-	-
-	-	-	-	-	-	Mn	0,00005 (0,00500%)	-	-
-	-	-	-	-	-	Mo	0,0000001 (0,00001%)	-	-
-	-	-	-	-	-	Ni	0,0000001 (0,00001%)	-	-
-	-	-	-	-	-	Zn	0,00002 (0,00200%)	-	-
Total	0,96 (96%)	-	0,027 (2,7%)	-	0,008 (0,8%)	-	0,00030 (0,03000%)	-	0,0047 (0,47%)

Qual a relação entre transpiração (T), assimilação (As, kg.ha<sup>-1</sup>) e absorção de nutrientes (Ab, kg.ha<sup>-1</sup>)? Calcule a relação (R) entre os elementos orgânicos assimilados por unidade de volume absorvido de água e concentração (Cc, mg.L<sup>-1</sup>) de nutriente na solução do solo e no xilema das plantas de feijão.

	Pu	kg.ha <sup>-1</sup>	Or	As	R	M <sub>1</sub>	Ab	Cc	M <sub>2</sub>	Ab	Cc	Mi	Ab	Cc
				kg.ha <sup>-1</sup>	g.L <sup>-1</sup>		kg.ha <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>		kg.ha <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>		kg.ha <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>
u	0,12	kg.kg <sup>-1</sup>	C	3.960	0,991	N	132	33	Ca	44	11	B	0,176	0,044
Ps	2.640	kg.ha <sup>-1</sup>	O	3.960	0,991	P	17,6	4,4	Mg	17,6	4,4	Cl	0,88	0,220
IC	0,30	kg.kg <sup>-1</sup>	H	528	0,132	K	88	22	S	8,8	2,2	Cu	0,0528	0,013
MST	8.800	kg.ha <sup>-1</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Fe	0,88	0,220
ETr	4	mm.dia <sup>-1</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Mn	0,44	0,110
DC	105	Dias.ciclo <sup>-1</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Mo	0,00088	0,00022
ET	420	mm.ciclo <sup>-1</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ni	0,00088	0,00022
ET	4.200.000	L.ha <sup>-1</sup> .ciclo <sup>-1</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Zn	0,176	0,044
E	21	mm.ciclo <sup>-1</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	210.000	L.ha <sup>-1</sup> .ciclo <sup>-1</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T	399	mm.ciclo <sup>-1</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T	3.990.000	L.ha <sup>-1</sup> .ciclo <sup>-1</sup>	Total	8.448	-	-	237,6	-	-	70,4	-	-	2,60656	-

ET: ETr do ciclo da cultura de feijão. Considere que a área de feijão no Brasil seja 3.800.000 ha. Qual o sequestro de C pela cultura de feijão no Brasil? 15.048.000.000 kg.ano<sup>-1</sup>. Considere que a ureia possui 45% de N (0,45 kg.kg<sup>-1</sup>), com o preço de R\$1,50 por kg de ureia. Qual a quantidade de ureia consumida pela cultura de feijão no Brasil? 445.866.667 kg.ano<sup>-1</sup>. Qual o valor de mercado da ureia consumida pela cultura de feijão no Brasil? R\$668.800.000.ano<sup>-1</sup>. Qual a quantidade média extraída de N, por unidade de tonelada (t) de grão produzido, pela cultura de feijão no Brasil? 44 kg.t<sup>-1</sup>.

Para o cálculo da produtividade de grãos secos (Ps, kg.ha<sup>-1</sup>), tem-se que:

$$P_s = P_u(1 - u) = 3000(1 - 0,12) = 2.640 \text{ kg/ha}$$

Para o cálculo da massa de matéria seca total (MMS), tem que:

$$MST = \frac{P_s}{IC} = \frac{2640}{0,30} = 8.800 \text{ kg/ha}$$

Para o cálculo da evapotranspiração real durante o ciclo da cultura de feijão (ET, mm/ciclo), tem-se que:

$$ET = DC \cdot ETr = \left(105 \frac{d}{\text{ciclo}}\right) \cdot \left(4 \frac{\text{mm}}{d}\right) = 420 \frac{\text{mm}}{\text{ciclo}}$$

Para o cálculo da evapotranspiração real durante o ciclo da cultura de feijão (ET, L.ha<sup>-1</sup>.ciclo<sup>-1</sup>), tem-se que:

$$ET = 420 \frac{\text{mm}}{\text{ciclo}} \cdot \frac{1L}{m^2 \cdot \text{mm}} \cdot \frac{10.000 m^2}{ha} = 4.200.000 \frac{L}{ha \cdot \text{ciclo}}$$

Para o cálculo da evaporação durante o ciclo da cultura de feijão (E, mm.ciclo<sup>-1</sup>), tem-se que:

$$E = 0,05 \cdot ET = 0,05 \cdot \left(420 \frac{\text{mm}}{\text{ciclo}}\right) = 21 \frac{\text{mm}}{\text{ciclo}}$$

Para o cálculo da evaporação durante o ciclo da cultura de feijão (E, L.ha<sup>-1</sup>.ciclo<sup>-1</sup>), tem-se que:

$$E = 21 \frac{\text{mm}}{\text{ciclo}} \cdot \frac{1L}{m^2 \cdot \text{mm}} \cdot \frac{10.000 m^2}{ha} = 210.000 \frac{L}{ha \cdot \text{ciclo}}$$

Para o cálculo da assimilação de C durante o ciclo da cultura de feijão (C, kg.ha<sup>-1</sup>), tem-se que:

$$C = 0,45 \cdot MST = 3.960 \text{ kg/ha}$$

Para o cálculo da assimilação de O durante o ciclo da cultura de feijão (O, kg.ha<sup>-1</sup>), tem-se que:

$$O = 0,45 \cdot MST = 3.960 \text{ kg/ha}$$

Para o cálculo da assimilação de H durante o ciclo da cultura de feijão (H, kg.ha<sup>-1</sup>), tem-se que:

$$H = 0,06 \cdot MST = 528 \text{ kg/ha}$$

Para o cálculo da absorção de N durante o ciclo da cultura de feijão (N, kg.ha<sup>-1</sup>), tem-se que:

$$N = 0,015 \cdot MST = 132 \text{ kg/ha}$$

Para o cálculo da absorção de P durante o ciclo da cultura de feijão (P, kg.ha<sup>-1</sup>), tem-se que:

$$P = 0,002 \cdot MST = 17,6 \text{ kg/ha}$$

Para o cálculo da absorção de K durante o ciclo da cultura de feijão (K, kg.ha<sup>-1</sup>), tem-se que:

$$K = 0,010 \cdot MST = 88 \text{ kg/ha}$$

Para o cálculo da absorção de Ca durante o ciclo da cultura de feijão (Ca, kg.ha<sup>-1</sup>), tem-se que:

$$Ca = 0,005 \cdot MST = 44 \text{ kg/ha}$$

Para o cálculo da absorção de Mg durante o ciclo da cultura de feijão (P, kg.ha<sup>-1</sup>), tem-se que:

$$Mg = 0,002 \cdot MST = 17,6 \text{ kg/ha}$$

Para o cálculo da absorção de S durante o ciclo da cultura de feijão (K, kg.ha<sup>-1</sup>), tem-se que:

$$S = 0,001 \cdot MST = 8,8 \text{ kg/ha}$$

Para o cálculo da absorção de B durante o ciclo da cultura de feijão (B, kg.ha<sup>-1</sup>), tem-se que:

$$B = 0,00002 \cdot MST = 0,176 \text{ kg/ha}$$

Para o cálculo da absorção de Cl durante o ciclo da cultura de feijão (Cl, kg.ha<sup>-1</sup>), tem-se que:

$$Cl = 0,0001 \cdot MST = 0,88 \text{ kg/ha}$$

Para o cálculo da absorção de Cu durante o ciclo da cultura de feijão (Cu, kg.ha<sup>-1</sup>), tem-se que:

$$Cu = 0,000006 \cdot MST = 0,0528 \text{ kg/ha}$$

Para o cálculo da absorção de Fe durante o ciclo da cultura de feijão (Fe, kg.ha<sup>-1</sup>), tem-se que:

$$Fe = 0,0001 \cdot MST = 0,88 \text{ kg/ha}$$

Para o cálculo da absorção de Mn durante o ciclo da cultura de feijão (Mn, kg.ha<sup>-1</sup>), tem-se que:

$$Mn = 0,00005 \cdot MST = 0,44 \text{ kg/ha}$$

Para o cálculo da absorção de Mo durante o ciclo da cultura de feijão (Mo, kg.ha<sup>-1</sup>), tem-se que:

$$Mo = 0,000001 \cdot MST = 0,00088 \text{ kg/ha}$$

Para o cálculo da absorção de Ni durante o ciclo da cultura de feijão (Ni, kg.ha<sup>-1</sup>), tem-se que:

$$Ni = 0,000001 \cdot MST = 0,00088 \text{ kg/ha}$$

Para o cálculo da absorção de Zn durante o ciclo da cultura de feijão (Zn, kg.ha<sup>-1</sup>), tem-se que:

$$Zn = 0,00002 \cdot MST = 0,176 \text{ kg/ha}$$

Para o cálculo do sequestro de C pela cultura de feijão no Brasil, tem-se que:

$$SC = \left(3960 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}\right) \cdot 3.800.000 \frac{\text{ha}}{\text{ano}} = 15.048.000.000 \frac{\text{kg C}}{\text{ano}}$$

Para o cálculo do sequestro de C pela cultura de feijão no Brasil, tem-se que:

$$SeqC = \left(3960 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}\right) \cdot 3.800.000 \frac{\text{ha}}{\text{ano}} = 15.048.000.000 \frac{\text{kg C}}{\text{ano}}$$

Assumindo que 40% do N extraído é proveniente do fertilizante (60% é proveniente do solo). Sendo assim, tem-se que:

Para o cálculo da quantidade de ureia consumida pela cultura de feijão no Brasil, tem-se que:

$$QtUreia = 0,4 \cdot \left(132 \frac{\text{kg N}}{\text{ha}}\right) \cdot \left(3.800.000 \frac{\text{ha}}{\text{ano}}\right) \cdot \left(\frac{\text{kg ureia}}{0,45 \text{ kg N}}\right) = 445.866.667 \frac{\text{kg ureia}}{\text{ano}}$$

Para o cálculo do valor de mercado da ureia consumida pela cultura de feijão no Brasil, tem-se que:

$$ValUreia = \left(445.866.667 \frac{\text{kg ureia}}{\text{ano}}\right) \cdot \left(\frac{R\$1,50}{\text{kg ureia}}\right) = R\$668.800.000/\text{ano}$$

Para o cálculo da quantidade média extraída de N, por unidade de tonelada (t) de grão produzido, pela cultura de feijão no Brasil, tem-se que:

$$Next = \frac{132 \text{ kg N}}{3 t} = 44 \text{ kg N/t}$$

Para o cálculo do volume de água absorvido (Ab, L.ha<sup>-1</sup>.ciclo<sup>-1</sup>) pela cultura de feijão, tem-se que:

$$Ab = T + Ai$$

A água incorporada (Ai) na massa de matéria seca total (MST) corresponde à massa (ou volume) de água, por hectare, que fornece os 6% (de H) da matéria seca total produzida, porque, conforme Hill (1961), o C e o O do carboidrato produzido no processo de fotossíntese advém do dióxido de carbono. A água fornece apenas o H.

Como em 1 mol de água tem-se 18 g de água (H<sub>2</sub>O), dos quais 2 g correspondem ao H, tem-se no nosso Estudo Dirigido 1 que (regra de três):

em 18 kg de água - tem-se 2 kg de H

em Ai kg de água - tem-se 528 kg de H (0,06 x 8800 kg/ha de MST)

Portanto, a equação referente ao cálculo de Ai é:

$$Ai = (18/2) \times (0,06 \times 8800 \text{ kg/ha de MST})$$

$$Ai = (18/2) \times 528 = 4.752 \text{ L/ha (pois assume-se que a massa específica da água é de 1 kg/L)}$$

Sendo assim, para o cálculo do volume de água absorvido (Ab, L.ha<sup>-1</sup>.ciclo<sup>-1</sup>) pela cultura de feijão, tem-se que:

$$Ab = 3.990.000 + 4.752 = 3.994.752 \frac{L}{ha.ciclo}$$

Para o cálculo da assimilação de C, durante o ciclo da cultura de feijão (C, kg.ha<sup>-1</sup>), por unidade de volume absorvido de água, tem-se que:

$$C = \frac{3.960 \text{ kg/ha}}{3.994.752 \frac{L}{ha.ciclo}} \cdot \frac{1.000 \text{ g}}{kg} = 991 \frac{mg}{L} = 0,991 \frac{g}{L}$$

Para o cálculo da assimilação de O, durante o ciclo da cultura de feijão (O, kg.ha<sup>-1</sup>), por unidade de volume absorvido de água, tem-se que:

$$O = \frac{3.960 \text{ kg/ha}}{3.994.752 \frac{L}{ha.ciclo}} \cdot \frac{1.000 \text{ g}}{kg} = 991 \frac{mg}{L} = 0,991 \frac{g}{L}$$

Para o cálculo da assimilação de H, durante o ciclo da cultura de feijão (H, kg.ha<sup>-1</sup>), por unidade de volume absorvido de água, tem-se que:

$$H = \frac{528 \text{ kg/ha}}{3.994.752 \frac{L}{ha.ciclo}} \cdot \frac{1.000 \text{ g}}{kg} = 132 \frac{mg}{L} = 0,132 \frac{g}{L}$$

Para o cálculo da absorção de N, durante o ciclo da cultura de feijão (N, kg.ha<sup>-1</sup>), por unidade de volume absorvido de água, tem-se que:

$$N = \frac{132 \frac{kg}{ha.ciclo}}{3.994.752 \frac{L}{ha.ciclo}} \cdot \frac{1.000.000 \text{ mg}}{L} = 33 \frac{mg}{L}$$

Para o cálculo da absorção de P, durante o ciclo da cultura de feijão (P, kg.ha<sup>-1</sup>), por unidade de volume absorvido de água, tem-se que:

$$P = \frac{17,6 \text{ kg/ha}}{3.994.752 \frac{L}{ha.ciclo}} \cdot \frac{1.000.000 \text{ mg}}{L} = 4,4 \frac{mg}{L}$$

Para o cálculo da absorção de K, durante o ciclo da cultura de feijão (K, kg.ha<sup>-1</sup>), por unidade de volume absorvido de água, tem-se que:

$$K = \frac{88 \text{ kg/ha}}{3.994.752 \frac{L}{ha.ciclo}} \cdot \frac{1.000.000 \text{ mg}}{L} = 22 \frac{mg}{L}$$

Para o cálculo da absorção de Ca, durante o ciclo da cultura de feijão (Ca, kg.ha<sup>-1</sup>), por unidade de volume absorvido de água, tem-se que:

$$Ca = \frac{44 \text{ kg/ha}}{3.994.752 \frac{L}{ha.ciclo}} \cdot \frac{1.000.000 \text{ mg}}{L} = 11 \frac{mg}{L}$$

Para o cálculo da absorção de Mg, durante o ciclo da cultura de feijão (Mg, kg.ha<sup>-1</sup>), por unidade de volume absorvido de água, tem-se que:

$$Mg = \frac{17,6 \text{ kg/ha}}{3.994.752 \frac{L}{ha.ciclo}} \cdot \frac{1.000.000 \text{ mg}}{L} = 4,4 \frac{mg}{L}$$

Para o cálculo da absorção de S, durante o ciclo da cultura de feijão (S, kg.ha<sup>-1</sup>), por unidade de volume absorvido de água, tem-se que:

$$S = \frac{8,8 \text{ kg/ha}}{3.994.752 \frac{L}{ha.ciclo}} \cdot \frac{1.000.000 \text{ mg}}{L} = 2,2 \frac{mg}{L}$$

Para o cálculo da absorção de B, durante o ciclo da cultura de feijão (B, kg.ha<sup>-1</sup>), por unidade de volume absorvido de água, tem-se que:

$$B = \frac{0,176 \text{ kg/ha}}{3.994.752 \frac{L}{ha.ciclo}} \cdot \frac{1.000.000 \text{ mg}}{L} = 0,044 \frac{mg}{L}$$

Para o cálculo da absorção de Cl, durante o ciclo da cultura de feijão (Cl, kg.ha<sup>-1</sup>), por unidade de volume absorvido de água, tem-se que:

$$Cl = \frac{0,88 \text{ kg/ha}}{3.994.752 \frac{L}{ha.ciclo}} \cdot \frac{1.000.000 \text{ mg}}{L} = 0,220 \frac{mg}{L}$$

Para o cálculo da absorção de Cu, durante o ciclo da cultura de feijão (Cu, kg.ha<sup>-1</sup>), por unidade de volume absorvido de água, tem-se que:

$$Cu = \frac{0,0528 \text{ kg/ha}}{3.994.752 \frac{L}{ha.ciclo}} \cdot \frac{1.000.000 \text{ mg}}{L} = 0,013 \frac{mg}{L}$$

Para o cálculo da absorção de Fe, durante o ciclo da cultura de feijão (Fe, kg.ha<sup>-1</sup>), por unidade de volume absorvido de água, tem-se que:

$$Fe = \frac{0,88 \text{ kg/ha}}{3.994.752 \frac{L}{ha.ciclo}} \cdot \frac{1.000.000 \text{ mg}}{L} = 0,220 \frac{mg}{L}$$

Para o cálculo da absorção de Mn, durante o ciclo da cultura de feijão (Mn, kg.ha<sup>-1</sup>), por unidade de volume absorvido de água, tem-se que:

$$Mn = \frac{0,44 \text{ kg/ha}}{3.994.752 \frac{L}{ha.ciclo}} \cdot \frac{1.000.000 \text{ mg}}{L} = 0,110 \frac{mg}{L}$$

Para o cálculo da absorção de Mo, durante o ciclo da cultura de feijão (Mo, kg.ha<sup>-1</sup>), por unidade de volume absorvido de água, tem-se que:

$$Mo = \frac{0,00088 \text{ kg/ha}}{3.994.752 \frac{L}{ha.ciclo}} \cdot \frac{1.000.000 \text{ mg}}{L} = 0,00022 \frac{mg}{L}$$

Para o cálculo da absorção de Ni, durante o ciclo da cultura de feijão (Ni, kg.ha<sup>-1</sup>), por unidade de volume absorvido de água, tem-se que:

$$Ni = \frac{0,00088 \text{ kg/ha}}{3.994.752 \frac{L}{ha.ciclo}} \cdot \frac{1.000.000 \text{ mg}}{L} = 0,00022 \frac{mg}{L}$$

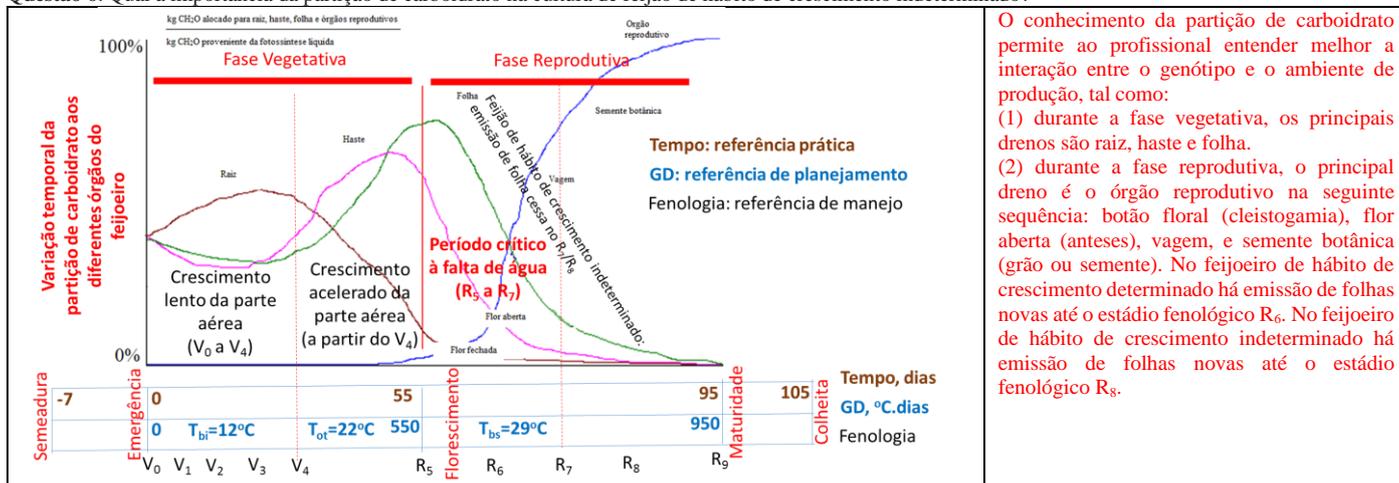
Para o cálculo da absorção de Zn, durante o ciclo da cultura de feijão (Zn, kg.ha<sup>-1</sup>), por unidade de volume absorvido de água, tem-se que:

$$Zn = \frac{0,176 \text{ kg/ha}}{3.994.752 \frac{L}{ha.ciclo}} \cdot \frac{1.000.000 \text{ mg}}{L} = 0,044 \frac{mg}{L}$$

**Questão 5.** Sabendo que: (a) volume de sólidos do solo ( $V_s$ ):  $32 \text{ cm}^3$ , (b) volume de ar na capacidade de campo ( $V_a$ ):  $17 \text{ cm}^3$ , (c) volume de água na capacidade de campo ( $V_w$ ):  $17 \text{ cm}^3$ , (d) massa específica das partículas sólidas do solo ( $\rho_p$ ):  $2,65 \text{ g.cm}^{-3}$ , (e) profundidade efetiva do sistema radicular ( $Z_e$ ):  $40 \text{ cm}$ , (f) teor de água no solo ( $\theta_{mp}$ ) correspondente ao ponto de murcha permanente  $0,129 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$ , (g) teor (v/v) do gás nitrogênio ( $\text{N}_2$ ) no ar da fase atmosfera:  $0,79 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$ , (h) teor (v/v) do gás oxigênio ( $\text{O}_2$ ) no ar da fase atmosfera:  $0,16 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$ , (i) teor (v/v) do vapor de água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) no ar da fase atmosfera:  $0,04 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$ , calcule:

(1)	Volume do solo (V)	$V = V_s + V_a + V_w = 32 + 17 + 17 = 66 \text{ cm}^3$
(2)	Massa de sólidos do solo ( $m_s$ )	$m_s = \rho_p \cdot V_s = (2,65) \cdot (32) = 84,8 \text{ g}$
(3)	Massa de água no solo ( $m_w$ )	$m_w = \rho_w \cdot V_w = (1) \cdot (17) = 17 \text{ g}$
(4)	Massa de ar no solo ( $m_a$ )	Considerar desprezível: $m_a = 0 \text{ g}$
(5)	Massa do solo úmido ( $m_u$ )	$m_u = m_s + m_w + m_a = 84,8 + 17 + 0 = 101,8 \text{ g}$
(6)	Teor de água no solo a base de massa (u)	$u = \frac{m_w}{m_s} = \frac{17}{101,8} = 0,167 \text{ g}$
(7)	Massa específica do solo ( $\rho_s$ )	$\rho_s = \frac{m_s}{V} = \frac{84,8}{66} = 1,285 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
(8)	Teor de água no solo ( $\theta_{cc}$ ) correspondente à capacidade de campo a base de volume	$\theta_{cc} = u \cdot \frac{\rho_s}{\rho_w} = (0,167) \cdot \frac{1,285}{1} = 0,215 \frac{\text{cm}^3}{\text{cm}^3}$
(9)	Porosidade total do solo ( $\alpha$ ) a base de volume	$\alpha = \frac{V_w + V_a}{V} = \frac{17 + 17}{66} = 0,515 \frac{\text{cm}^3}{\text{cm}^3}$
(10)	Porosidade livre de água ( $\beta$ ) a base de volume	$\beta = \alpha - \theta_{cc} = 0,515 - 0,215 = 0,300 \frac{\text{cm}^3}{\text{cm}^3}$
(11)	Capacidade de água disponível (CAD)	$CAD = 10 \cdot (\theta_{cc} - \theta_{mp}) \cdot Z_e = 10 \cdot (0,215 - 0,129) \cdot 40 = 34,2 \text{ mm}$
(12)	Quantidade de ar no solo na capacidade de campo ( $Q_{as}$ )	$Q_{as} = 10 \cdot (\alpha - \theta_{cc}) \cdot Z_e \cdot 10^4 = 10 \cdot (0,515 - 0,215) \cdot 40 \cdot 10^4 = 1.202.538 \frac{\text{L}}{\text{ha}}$
(13)	Quantidade de gás nitrogênio ( $\text{N}_2$ ) na capacidade de campo no solo	$Q_{\text{N}_2} = 0,79 \cdot Q_{as} = 0,79(1.202.538) = 949,862 \frac{\text{L}}{\text{ha}}$
(14)	Quantidade de gás oxigênio ( $\text{O}_2$ ) na capacidade de campo no solo	$Q_{\text{O}_2} = 0,16 \cdot Q_{as} = 0,16(1.202.538) = 192,377 \frac{\text{L}}{\text{ha}}$
(15)	Quantidade de vapor de água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) na capacidade de campo no solo	$Q_{\text{H}_2\text{O}} = 0,04 \cdot Q_{as} = 0,04(1.202.538) = 48,094 \frac{\text{L}}{\text{ha}}$

**Questão 6.** Qual a importância da partição de carboidrato na cultura de feijão de hábito de crescimento indeterminado?



(3) o estágio fenológico  $V_0$  ocorre no momento do início da germinação (semeadura). Neste momento é importante saber que: (a) a profundidade de semeadura é de 3 a 5 cm, (b) o produtor deve utilizar semente de feijão de alta germinação e alto vigor fisiológico, (c) o produtor deve realizar o teste de sanidade fitopatológica de sementes, (d) o produtor deve utilizar espaçamento e população de plantas informados pela pesquisa e (e) o produtor não deve utilizar mais que 40 (sequeiro) a 50 (irrigado)  $\text{kg.ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ .

(4) o estágio  $V_1$  é o momento da emergência (cotilédones ao nível do solo).

(5) a maior etapa de estádios subsequentes é a subfase do estágio fenológico  $V_4$  ao  $R_5$ . Até o estágio  $V_4$ , a parte aérea apresenta crescimento lento em função da partição de carboidrato pela planta priorizar o sistema radicular. A partir do  $V_4$ , a parte aérea (hastes e folhas) apresenta crescimento acelerado.

(6) a fase mais crítica à deficiência crítica é a subfase do estágio fenológico  $R_5$  ao  $R_7$ . No estágio fenológico  $R_6$ , ocorre o índice de área foliar (IAF,  $\text{m}^2.\text{m}^{-2}$ ) máximo, que deve estar entre 3,5 e 5,0. Considerar melhor performance, em geral, IAF em torno de 4 (dependente da população de plantas, espaçamento e condições edafoclimáticas); bem como máxima evapotranspiração real ( $E_{Tr}$ ,  $\text{mm.d}^{-1}$ ).

(7) o estágio fenológico  $R_5$  se refere ao momento em que a planta apresenta pelo menos um botão floral.

(8) o estágio fenológico  $R_6$  se refere ao momento em que a planta apresenta pelo menos uma flor aberta.

(9) o estágio fenológico  $R_7$  se refere ao momento em que a planta apresenta pelo menos uma vagem sem grãos.

(10) o estágio fenológico  $R_8$  se refere ao momento em que a planta apresenta pelo menos uma vagem com grãos cheios.

(11) o estágio fenológico  $R_9$  se refere ao momento em que a planta se apresenta no ponto de maturidade fisiológica.

**Questão 7.** Qual a importância da eficiência de converter carboidrato em massa de matéria seca total (raiz, folha, haste e órgão reprodutivo) de planta de feijão em função da composição da matéria seca total e da eficiência bioquímica de converter carboidrato em lipídio (óleo), lignina, proteína, carboidrato, ácido orgânico e minerais (K, Ca, P e S)?

Componente	A Custo da biossíntese	B Custo do transporte	C = A + B Custo de conversão	D = 1/C Eficiência de conversão bioquímica	Composição da matéria seca total ( $\text{kg.kg}^{-1}$ )	Eficiência de converter carboidrato em massa de matéria seca total de feijão ( $\text{kg.kg}^{-1}$ )
Lipídio (óleo)	3,030	0,159	3,189	$EF_{CLP} = 0,31$	$T_{LP} = 0,02$	0,667
Lignina	2,119	0,112	2,231	$EF_{CLG} = 0,45$	$T_{LG} = 0,07$	
Proteína	1,824	0,096	1,920	$EF_{CPT} = 0,52$	$T_{PT} = 0,23$	
Carboidrato	1,211	0,064	1,275	$EF_{CCH} = 0,78$	$T_{CH} = 0,62$	
Ácido orgânico	0,906	0,048	0,954	$EF_{CAO} = 1,05$	$T_{AO} = 0,042$	
Minerais (K, Ca, P e S)	0,000	0,120	0,120	$EF_{CMR} = 8,3$	$T_{MR} = 0,018$	

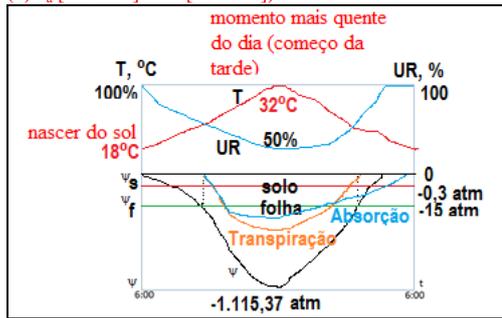
A, B e C:  $\text{kg}[\text{glicose}].\text{kg}^{-1}$ [componente]. D:  $\text{kg}[\text{componente}].\text{kg}^{-1}$ [glicose].

Para o cálculo da eficiência de converter carboidrato em massa de matéria seca total de feijão ( $\text{kg.kg}^{-1}$ ), tem-se que:

$$EF = \frac{1}{\frac{T_{LP}}{EFC_{LP}} + \frac{T_{LG}}{EFC_{LG}} + \frac{T_{PT}}{EFC_{PT}} + \frac{T_{CH}}{EFC_{CH}} + \frac{T_{AO}}{EFC_{AO}} + \frac{T_{MR}}{EFC_{MR}}} = \frac{1}{\frac{0,02}{0,31} + \frac{0,07}{0,45} + \frac{0,23}{0,52} + \frac{0,62}{0,78} + \frac{0,042}{1,05} + \frac{0,018}{8,3}} = 0,667 \frac{kg \text{ MST}}{kg \text{ CH}_2\text{O}}$$

É importante conhecer para entender que a produtividade depende da composição da matéria. Sendo assim, pode-se verificar a possibilidade de aumentar a produtividade alterando a composição da matéria trocando parcialmente o componente de custo de conversão mais elevado por outro componente de custo de conversão mais baixo. Esse fato pode nortear os novos eventos biotecnológicos.

**Questão 8.** Faça um gráfico ilustrando a variação temporal da temperatura (T, °C), umidade relativa (UR, kPa.kPa<sup>-1</sup>) e potencial total de água (ψ, atm) na fase atmosfera, sabendo que: temperatura mínima: 18°C e temperatura máxima: 32°C. Assuma que: (1) temperatura do ponto de orvalho (nascer do sol): 18°C e (2) e<sub>a</sub> [T=32°C] = e<sub>s</sub> [T=18°C]).



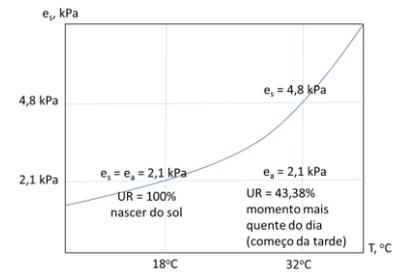
$$e_s = 0,611 \cdot e^{\frac{17,502T}{240,97+T}}$$

$$UR = \frac{e_a}{e_s}$$

$$\psi = 55,5 \cdot R \cdot (T + 273) \ln(UR)$$

$$R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

T, °C,  
e<sub>a</sub>, kPa,  
e<sub>s</sub>, kPa,  
UR, kPa.kPa<sup>-1</sup> e  
ψ, atm



Sabendo que o potencial total da água na folha é -15 atm e no solo é -0,3 atm, pergunta-se: qual a importância prática deste fato em termos de evaporação, transpiração, absorção de água e nutrientes, crescimento vegetal e produtividade de grãos de feijão?

Toda matéria tende ao estado de menor energia livre (menor potencial total). Por isso, na natureza há evaporação (porque o potencial total da água no solo [-0,3 atm] é maior que o potencial total da água na atmosfera durante o dia [-1.115,37 atm no horário mais quente do dia]), transpiração (porque o potencial total da água na folha [-15 atm] é maior que o potencial total da água na atmosfera durante o dia [-1.115,37 atm no horário mais quente do dia]) e absorção de água (porque o potencial total da água no solo [-0,3 atm] é maior que o potencial total da água na raiz) e nutrientes, o que permite haver crescimento vegetal (acúmulo de massa de matéria seca) e produção de grãos de feijão (produtividade: produção por unidade de área).

No momento mais frio do dia (nascer do sol):  $e_s = 0,611 \cdot e^{\frac{17,502(18)}{240,97+18}} = 2,1 \text{ kPa}$  e  $UR = \frac{e_a}{e_s} = \frac{2,1}{2,1} = 1$  ou UR=100%

Neste caso, o potencial total da água é:  $\psi = 55,5 \cdot R \cdot (T + 273) \ln(UR) = 55,5 \cdot (0,082) \cdot (18 + 273) \ln(1) = 0 \text{ atm}$ .

No momento mais quente do dia (começo da tarde):  $e_s = 0,611 \cdot e^{\frac{17,502(32)}{240,97+32}} = 4,8 \text{ kPa}$  e  $UR = \frac{e_a}{e_s} = \frac{2,1}{4,8} = 0,4338$  ou UR=43,38%

Neste caso, o potencial total da água é:  $\psi = 55,5 \cdot R \cdot (T + 273) \ln(UR) = 55,5 \cdot (0,082) \cdot (32 + 273) \ln(0,4338) = -1,115,37 \text{ atm}$ .