

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO

MACRONUTRIENTE - N

DOCENTE: Dr. Ribamar Silva

Nitrogênio

I. Introdução

Grande parte do ciclo do N →

Interferência do Homem

Camada superficial do solo

Vários mecanismos

Entrada/Saída de N





II. Principais Fontes de N no Solo

- . **Materiais de origem vegetal → Restos culturais (palhada, folhas, ramos);**
- . **Serrapilheira;**
- . **Adubo verde;**
- . **Material de origem animal → Excrementos;**
- . **Fertilizantes industriais (sais de amônio e de nitrato)*;**
- . **Fixação biológica (microorganismos)* → simbiótica e ã simbiótica;**
- . **Adição pelas chuvas (NO_3^- , NH_4^+).**

* **Mais Importantes**





III. Principais Retiradas de N do Solo

- . Remoção pelas culturas;
- . Erosão;
- . Lixiviação (NO_3^-);
- . Volatilização (NH_3);
- . Desnitrificação (NO_3^-).



IV. Ciclo do Nitrogênio

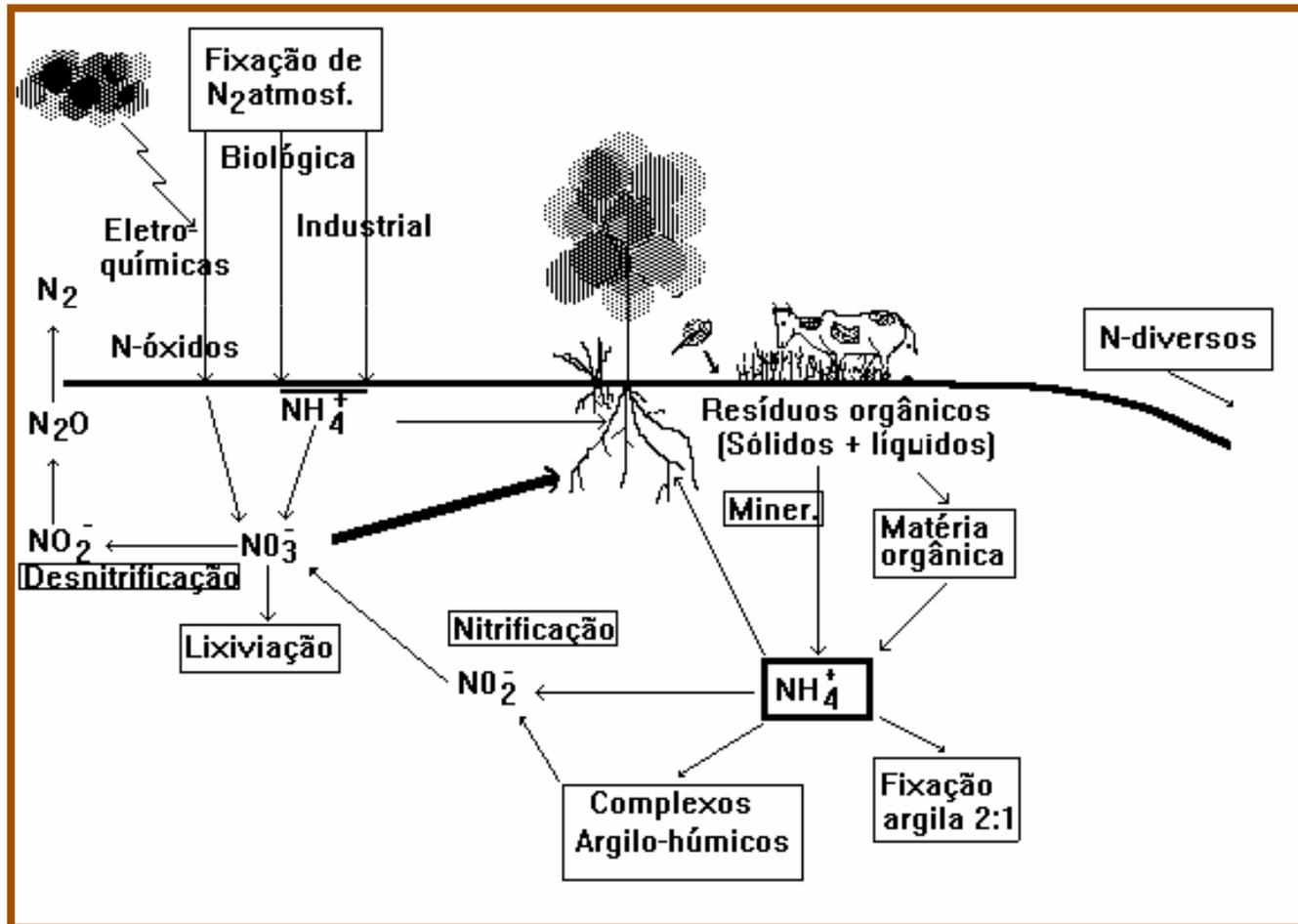


Figura 1 - Ciclo do Nitrogênio no sistema solo-planta-atmosfera



1 Transformação de N no Solo

- . Microrganismos mais importantes → Fungos e Bactérias;
- . Algas e Actinomicetos → Menor importância.

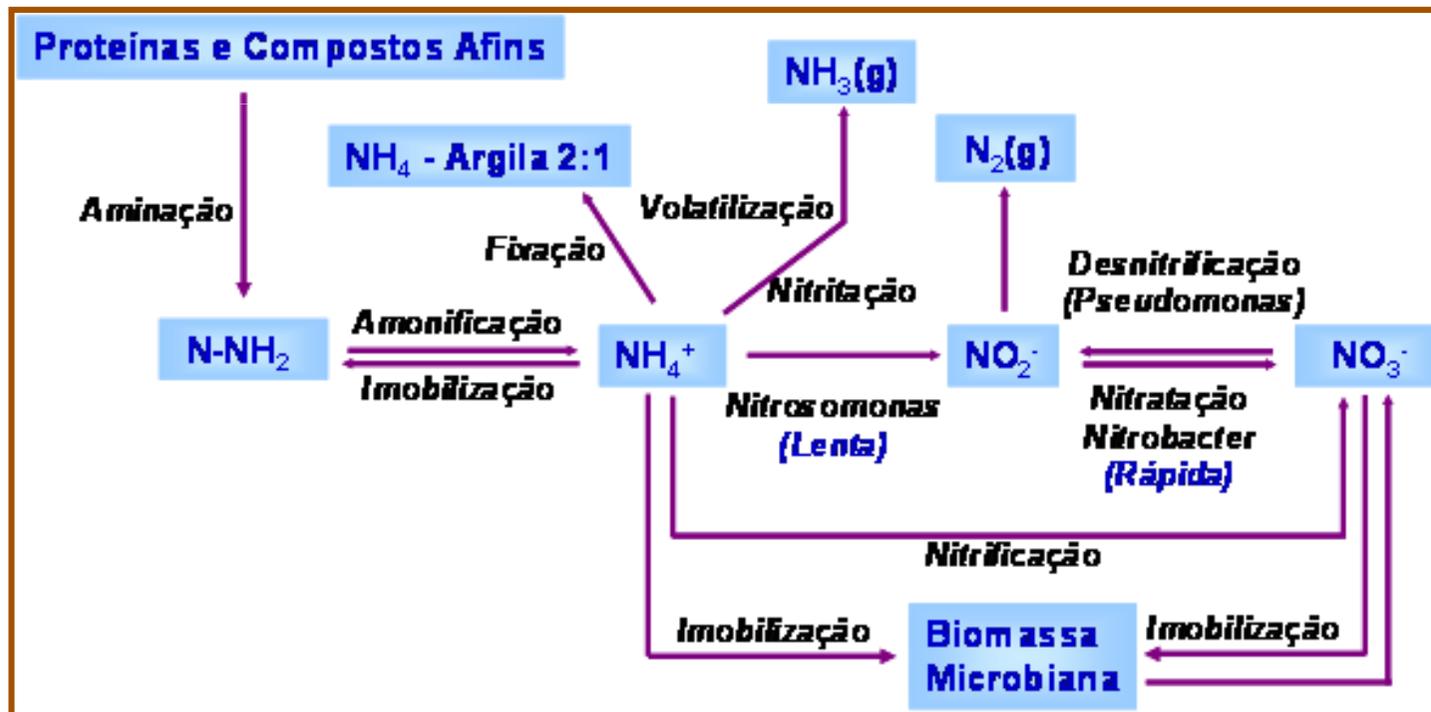


Figura 2. Principais transformações do nitrogênio no solo e perdas gasosas.

A – Aminoação:

- . Processo conversão N-orgânico → N (NH₂);
- . Digestão enzimática de proteínas e compostos afins com liberação de amins e aminoácidos, conforme esquematizado a seguir:

Proteínas e
Compostos Afins

Digestão
Enzimática

R-NH₂ + CO₂ + Energia +
Outros Produtos



B – Amonificação:

- . Processo conversão N-amínico (NH_2) \rightarrow N (NH_4^+);
- . Não requer presença de microrganismos específicos;
- . Ocorre tanto em condições aeróbicas quanto anaeróbicas;
- . Processo é lento \rightarrow mais ainda sob anaerobiose.



Destino do Amônio no Solo:

- . Absorvido: microrganismos → Biomassa;
- . Absorvido pelas plantas;
- . Adsorvido pelos minerais de argila → complexo de troca do solo;
- . Fixado no solo em argilominerais 2:1 → indisponível para as plantas;
- . Oxidado a nitrato → bactérias que utilizam o NH_4^+ como fonte de energia.



C – Nitrificação:

- . Processo de oxidação $N(NH_4^+) \rightarrow N(NO_3^-)$;
- . Processo natureza estritamente biológica.

Nitritação:

- . Transformação Amônio \rightarrow Nitrito
↓
Nitrosomonas



MACRONUTRIENTE

“Nitrogênio”

Nitratação:

. Transformação do Nitrito → Nitrato

↓
Nitrobacter



V. Perdas de N no Solo

① Por via gasosa

. $\text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2 \rightarrow$ Volatilização (pH muito elevado)

. $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{N}_2 \rightarrow$ (Desnitrificação)

Condições de má drenagem

② Por Lixiviação

. $\text{NO}_3^- \rightarrow$ Lençol Freático \rightarrow Eutrofização dos Mananciais



V. Perdas de N no Solo

Quadro 1 - Perdas de amônia por volatilização, em função de doses e modos de aplicação de uréia a dois solos (PV e LVd)

Dose de N kg/ha	Modo de aplicação							
	---- Superfície ----		----- 0 - 2 cm -----		----- 0 - 5 cm -----		----- a 5 cm -----	
	PV	LVd	PV	LVd	PV	LVd	PV	LVd
	----- % -----							
120	94,5	80,0	65,8	70,1	18,1	65,2	1,4	34,7
180	92,1	86,6	76,3	81,0	37,0	65,8	- 14,1	53,7
240	86,8	83,2	71,9	81,4	43,9	70,7	- 9,8	62,0

Adaptado de Rodrigues & Kiehl (1986)



V. Perdas de N no Solo

Quadro 2 - Quantidades médias de NO_3^- e NH_4^+ encontradas na solução lixiviada em colunas de três solos.

Solo	Argila	NH_4^+	NO_3^-
	%	----- mg -----	
1	14	160	950
2	59	105	610
3	35	220	715





VI. Principais Fatores que Afetam a Nitrificação

① Aeração

. Nitrificação → Processo aeróbico → requer $[O_2]$

↑ Aeração do solo → ↑ Nitrificação

② Temperatura

. 26 - 32 °C, cessa t > 51 °C.





VI. Principais Fatores que Afetam a Nitrificação

③ Umidade do Solo

- . Indiretamente associados à aeração;
- . Condições: Extrema de umidade (reduzidas, saturadas) →
Redução na taxa de nitrificação;
- . Ideal → Semelhante ao teor exigido para o crescimento das plantas (60 - 70% da CC).





VI. Principais Fatores que Afetam a Nitrificação

④ Calagem (pH)

- . Estimula a nitrificação em solos ácidos;
- . Processo oxidativo exige abundância de bases trocáveis;
- . Microrganismos específicos → Sensíveis a valores baixos de pH e requerem pH 6,5 - 7,6 → População (Nitrosomonas e Nitrobacter) → Muitas vezes não é detectada ou é extremamente baixa → Acidez elevada.



VI. Principais Fatores que Afetam a Nitrificação

⑤ Fertilizantes

- . Quantidades elevadas de fertilizantes amoniacais em solos alcalinos → Inibição da Segunda fase da nitrificação → Amônia formada é tóxica à Nitrobacter mas não é para Nitrosomonas → NO_2^- em quantidades tóxicas pode acumular-se no solo.





VI. Principais Fatores que Afetam a Nitrificação

Meio Alcalino



Nitrosomonas



~~Nitrobacter~~ → NH₃ (tóxica)





VI. Principais Fatores que Afetam a Nitrificação

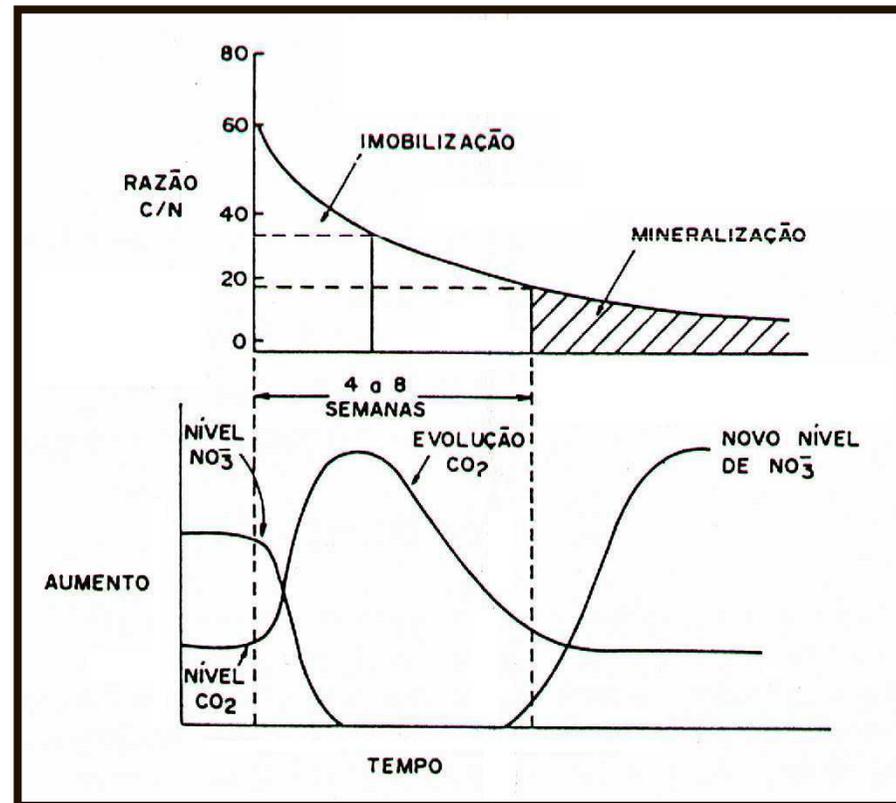
⑥ Relação C/N

- . Influência marcante nas transformações e destino do N no solo;
- . Relação C/N elevada ($> 30:1$) → Imobilização (N-Biomassa) (temporariamente) → Retarda a nitrificação por falta de substrato → Deficiência de N nas plantas.



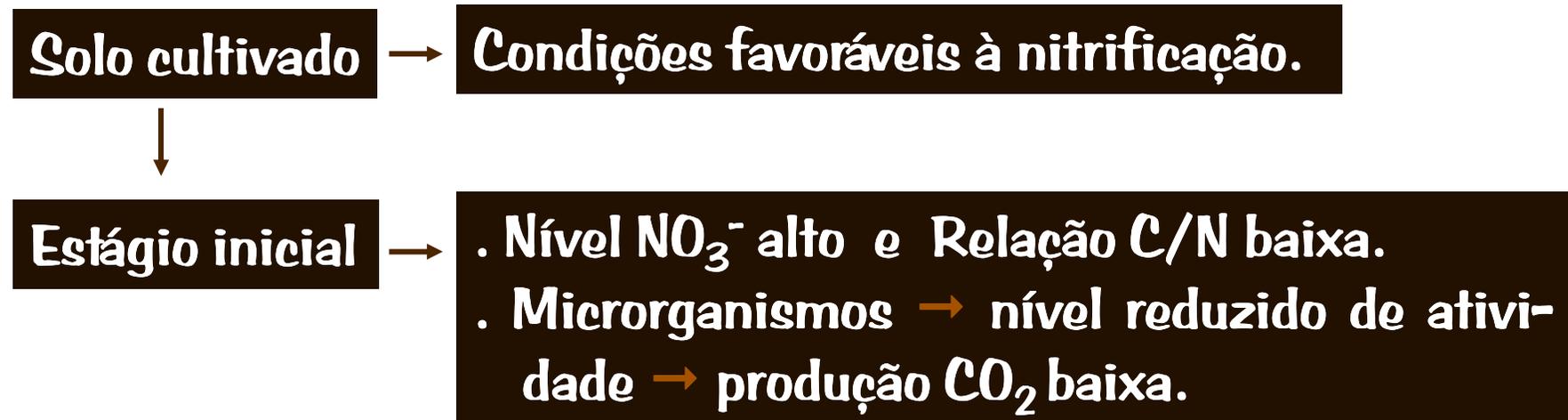
VI. Principais Fatores que Afetam a Nitrificação

Figura 3.
Níveis de nitrato durante a decomposição de resíduos orgânicos no solo.



VI. Principais Fatores que Afetam a Nitrificação

Figura 3 - Estágios da Decomposição





VI. Principais Fatores que Afetam a Nitrificação

Estágio 2:

- . Adição grande quantidade de resumo orgânico com relação C/N alta (60:1) → Microbiota (bactérias, fungos, actinomicetos) → se reproduzem velozmente → ↑ atividade biológica → ↑ [CO₂] → NO₃⁻ e (alguns NH₄⁺) → praticamente desaparecem do solo (imobilização).



VI. Principais Fatores que Afetam a Nitrificação

Estágio 3:

. Continuidade do processo de decomposição

Relação C/N diminui → C → Perdido como CO₂
N → Conservado na Biomassa

↓
Até 20:1 → a partir deste ponto → ↓ atividade biológica (falta C)
→ ↓ formação de CO₂ → N deixa de ser limitante para os
Microrganismos → Liberação de N mineral.



VI. Principais Fatores que Afetam a Nitrificação

Quadro 3 - Quantidade de N mineral em amostras de solos incubadas por diferentes períodos, em função da adição de palha e uréia(1)

Tratamento	Incubação (meses)		
	0	1	2
	----- mg/vaso -----		
Testemunha	12a	27b	36b
Palha (C/N = 38:1)	12a	5c	26c
Palha + Uréia	12a	55a	95a

¹Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não são significativamente diferentes ao nível de 5 %, pelo Teste de Fisher.

FONTE: Sampaio & Salcedo (1993)





VI. Principais Fatores que Afetam a Nitrificação

Cuidado:

- . Evitar adições de restos vegetais com alta relação C/N a um solo, na época imediatamente anterior ao plantio de uma cultura → Imobilização → 4-8 semanas → deficiência de N nas plantas → Saída → adicionar concomitantemente → N-mineral no solo (adubo).





VII. Destino do NO_3^- no Solo

- . Absorvido pelas plantas (preferencialmente);
- . Reutilizado pela microbiota do solo (condições favoráveis à imobilização);
- . Perdido por lixiviação (ânion, bastante móvel);
- . Perdido por desnitrificação (condições de baixa $[\text{O}_2]$).



VIII. Imobilização

- . **Biológica** → **Assimilação do N por microrganismos e conversão para formas orgânicas;**
- . **Não Biológica** → **Fixação de amônio nas entrecamadas de argilominerais 2:1 (Vermiculita).**



IX. Desnitrificação

- Processo de transformação anaeróbica realizado por certos microrganismos capazes de utilizar o Nitrato ou Nitrito como aceptores de elétrons em lugar do oxigênio;
- Processo de redução bioquímica do Nitrato ou Nitrito à formas gasosas de N (N_2O , N_2).



(Drenagem deficiente)
microrganismos anaeróbios facultativos
(Pseudomonas)



① Condições que favorecem a desnitrificação:

- . Excesso de nitrato no solo;
- . Má aeração;
- . Condições redutoras no perfil do solo ;
- . Drenagem imperfeita.

② Quimiodesnitrificação:

- . Perdas de N na forma gasosa (N₂) resultantes de reação química sem ação biológica:



- . Processo não dependente das condições anaeróbicas.



X. Questões Práticas

① Como evitar ou reduzir perda de N para a atmosfera:

- . Manter o solo coberto por mais tempo;
- . Prover o solo de boas condições de drenagem;
- . Evitar o excesso de adubos nitrogenados minerais no solo;
- . Evitar a supercalagem em solos ácidos;
- . Fazer o enterrio dos adubos na camada superficial (Profundidade \geq 5-6 cm)
- . Fazer adubação nos horários de temperatura mais baixas;
- . Se adubação ocorrer no período de estiagem, proceder uma leve irrigação logo após a aplicação do adubo nitrogenado (*Uréia).

* Perdas: Uréia > S. Amônio





XI. Disponibilidade de N Para as Plantas

NH_4^+ trocável

NH_4^+ solução

NO_3^- solução

→ **Prontamente Disponíveis**

NH_4^+ fixado

N – M. Orgânica

→ **Moderadamente Disponíveis**

N – M. Orgânica

Humificada

→ **Lentamente Disponíveis**



① Avaliação da disponibilidade:

- . Nitrogênio → Não incluído em análises de rotina → Flutuações diárias [N] no solo.

② Fatores que afetam a disponibilidade de N para as plantas:

Estação do Ano:

PERÍODO SECO → > Temperatura e < Umidade



- . Baixa Taxa de Mineralização, mesmo assim há acúmulo de NO_3^- nas camadas superficiais trazidos pela H_2O ascendente oriunda das camadas inferiores onde atividade biológica é mais intensa.



MACRONUTRIENTE

“Nitrogênio”

PERÍODO CHUVOSO:

- . Primeiras chuvas pesadas → $[\text{NO}_3^-]$ aumenta muito →
Mineralização;
- . 10 - 15 dias após → $[\text{NO}_3^-]$ diminui → Lixiviação → NO_3^-
concentra-se nas camadas inferiores do solo, ainda
disponível para as plantas mas não amostrada nas análises
de solo → Laboratório.





Biologia do Solo:

- . **FIXAÇÃO SIMBIÓTICA** → Contribuição de até 560 kg/ha/ano de N
 - . **Rhizobium x Leguminosas**
- . **FIXAÇÃO NÃO SIMBIÓTICA** → 23 kg/ha/ano N
 - . **Azotobacter, Beijerinckia (aeróbias)**
 - . **Clostridium, Azospirillum**
 - . **Algas (Anabaena, Nostoc)**





Teor de Matéria Orgânica no Solo:

- . M.O. FRESCA → Decomposição libera N.
- . M.O. HUMIFICADA → Contribui para CTC e para retenção de NH_4^+ .

Incorporação de Resíduos Orgânicos:

- . $\text{C/N} > 30/1$ → Imobilização de N.
- . $\text{C/N} \cong 30/1$ → Mineralização \cong Imobilização N.
- . $\text{C/N} < 30/1$ → Mineralização do N.





XII. Formas Absorvidas pelas Plantas

- . NH_4^+ e NO_3^- → Absorvidos na mesma eficiência e proporção no solo;
- . Sob condições de boa drenagem → NO_3^- ;
- . Solo Alagado → NH_4^+ .





XIII. Principais Adubos Nitrogenados

① Adubos orgânicos:

Esterco de curral = 0,5 % N;

Esterco de galinha = 2 % N;

Torta de filtro de usina = 1,3 % N;

Torta de algodão = 7 % N;

Torta de mamona = 6 % N

Farinha de carne = 10 % N

Torta de amendoim = 8 % N

Farinha de sangue = 8 a 14 % N



① Adubos Químicos

- . Sulfato de Amônio $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ - 20 % N; Uréia $(\text{CO}(\text{NH}_2)_2)$ - 45 % N.
- . Nitrato de Amônio $[\text{NH}_4\text{NO}_3]$ - 33 % N.
- . Monoamônio fosfato (MAP) - $[\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4]$ - 11 % N, 42-46 % P_2O_5 .
- . Diamônio Fosfato (DAP) - $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$ - 18 % N, 50-54 % P_2O_5 .





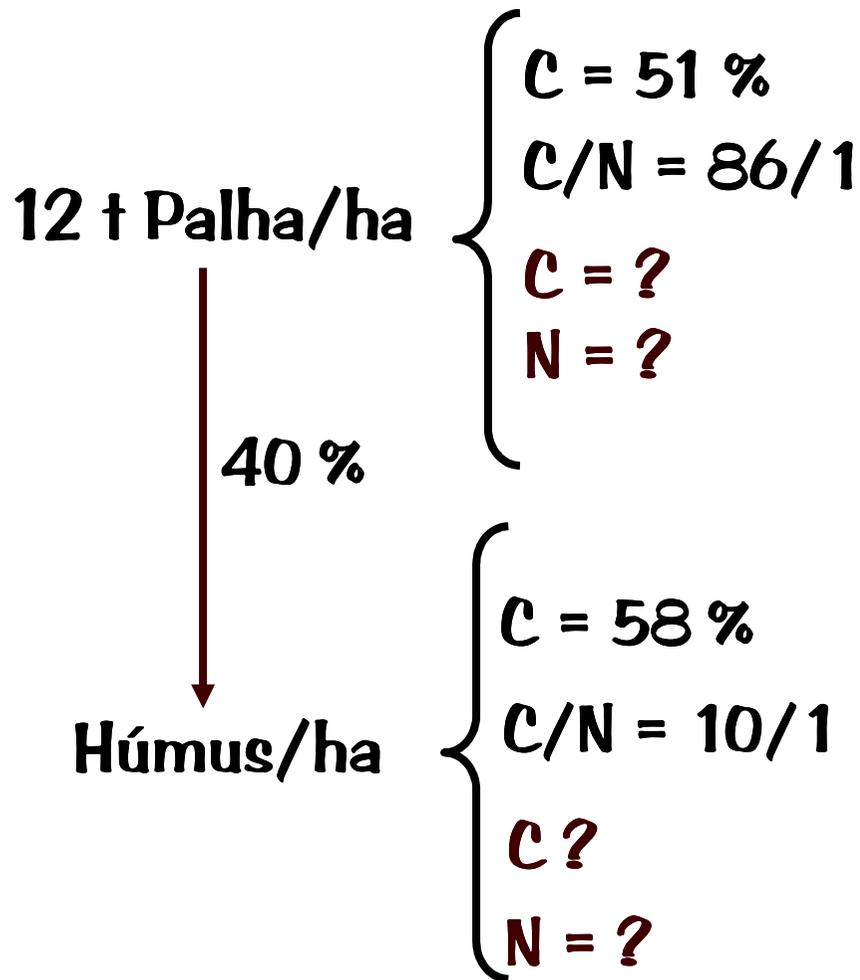
1. Um fazendeiro incorporou ao solo restos culturais de sua capineira já degradada de Capim Elefante Napier (Pennisetum purpureum Schum cv Napier) com relação $C/N = 86$ e $C = 51\%$, numa proporção de 12 t/ha. Sabendo-se que o húmus formado tem relação $C/N = 10/1$ e $C = 58\%$, pergunta-se:
- Qual a quantidade de húmus produzida, sabendo-se que este representa 40 % da matéria orgânica fresca?
 - Qual a quantidade de “N” no húmus?
 - Qual a quantidade de N mineral na forma de NH_4NO_3 que se deve adicionar ao solo/ha para reduzir ou impedir a imobilização do nitrogênio?

Dados: N = 14, H = 1 e O = 16



MACRONUTRIENTE
Exercício Resolvido - OI

“Nitrogênio”



Calcular:

- a) Húmus (kg/ha)?
- b) N - Húmus (kg/ha)?
- c) N (NH_4NO_3) para impedir a Imobilização?

Dados:

N = 14, H = 1; O = 16 g/mol



MACRONUTRIENTE

Exercícios Resolvidos

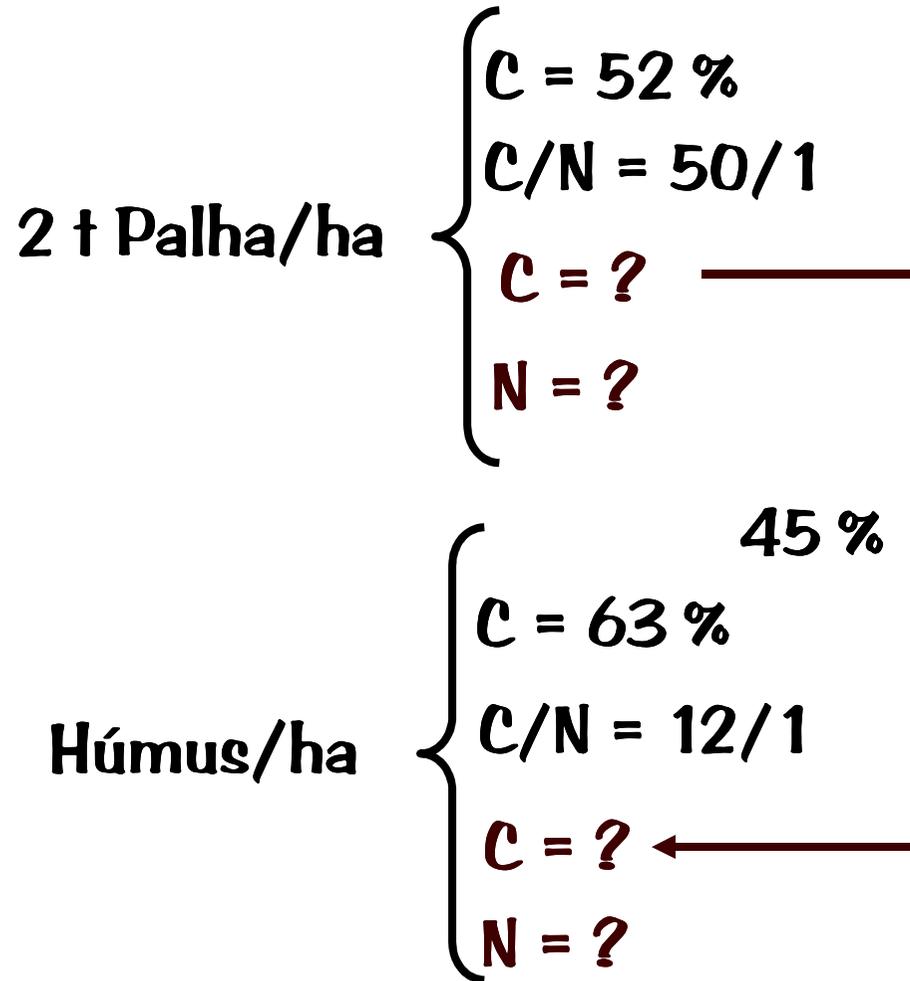
“Nitrogênio”

1. Um fazendeiro incorporou ao solo restos culturais de sua capineira já degradada de Capim Elefante Napier (Pennisetum purpureum Schum cv Napier) com relação $C/N = 50$ e $C = 52\%$, numa proporção de 2 t/ha. Sabendo-se que o húmus formado tem relação $C/N = 12/1$ e $C = 63\%$, pergunta-se:
- Qual a quantidade de húmus produzida, sabendo-se que 45 % do carbono da matéria fresca formará carbono no húmus?
 - Qual a quantidade de “N” no húmus?
 - Qual a quantidade de N mineral na forma de sulfato de amônio ou de uréia que se deve adicionar ao solo/ha para reduzir ou impedir a imobilização do nitrogênio?
- Dados:* N = 14, H = 1 e O = 16



MACRONUTRIENTE
Exercício Resolvido - 02

“Nitrogênio”



Calcular:

- a) Húmus (kg/ha) ?
- b) N - Húmus (kg/ha) ?
- c) N - imobilizado (kg/ha)?
- d) Adubo - N?
S.A 20 % N (kg/ha) ou
Uréia 45 % N



Obrigado Pela Atenção...

Ribamar Silva