



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
INSTITUTO DE QUÍMICA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ANALÍTICA E  
INORGÂNICA  
**DISCIPLINA DE QUÍMICA AMBIENTAL II**

## **Ciclo do Nitrogênio**

Prof<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ruth Néia Teixeira Lessa

Componentes:

- Vera Fischer Macarthy
- Clarice Caldeira Leite
- Bianca Oliveira

Pelotas, setembro de 2007

## **CONSIDERAÇÕES GERAIS**

O presente trabalho é uma exigência da disciplina de Química Ambiental II, do curso de Química da Universidade Federal de Pelotas.

O objetivo deste, consiste em abordar, discutir e analisar conceitos no que tange ao tema proposto, sendo este o Ciclo do Nitrogênio.

## 1. INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N), cujo número atômico é sete (7) compõe aproximadamente 80% da atmosfera. Entretanto, os animais e as plantas não podem absorvê-lo diretamente do ar na forma do gás  $N_2$ .

Geralmente as formas disponíveis ou “combinadas” de nitrogênio para a nutrição dos seres vivos incluem as combinações amoniacais ( $NH_4^+$ ), nítricas ( $NO_3^-$ ) ou orgânicas ( $R-NH_2$ ) que são metabolizadas visando a construção de biomassa.

Salienta-se que a disponibilidade biológica do nitrogênio (N) no solo, juntamente com o fósforo (P), enxofre (S) e potássio (K) tem relação direta com a produtividade agrícola. Certas bactérias<sup>1</sup> do solo e as algas azuis dos oceanos convertem o nitrogênio do ar em amônia, sendo que algumas plantas absorvem diretamente a mesma.

As bactérias do gênero *Rhizobium* que vivem no solo, especificamente alcançam o sistema radicular das leguminosas jovens, tecido cortical das raízes, onde se desenvolvem, fixando  $N_2$  atmosférico, transformando em sais de nitrogênio que são utilizados pelas plantas ( $NH_4^+$ ,  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ); atuando como adubo, chamado também de inoculante agrícola.

Cabe ressaltar que o nitrogênio também se faz importante, pois participa da constituição do ácido nucléico, das proteínas, clorofila, conforme descrito no próximo capítulo deste trabalho.

---

<sup>1</sup> As bactérias transformam a amônia em nitritos e em seguida em nitratos, que as plantas usam para os compostos como as proteínas, DNA e RNA.

## **2. IMPORTÂNCIA DO N<sub>2</sub>**

O nitrogênio é indispensável à vida, uma vez que entra na constituição das proteínas e ácidos nucleicos. Admite-se, que o corpo humano, 16% é constituído por proteínas. A mais importante fonte de nitrogênio é a atmosfera. Cerca 78% do ar atmosférico são formados por nitrogênio livre (N<sub>2</sub> – gás), mas a maioria dos seres vivos é incapaz de aproveitá-lo no seu metabolismo. O nitrogênio está presente nos aminoácidos das proteínas, nas bases nitrogenadas dos ácidos nucleicos. No ciclo do nitrogênio participam bactérias, algas azuis (cianofíceas) e fungos.

### 3. CICLO DO NITROGÊNIO (N<sub>2</sub>)

**Fonte:** Apesar de existir grande quantidade de nitrogênio no ar 79%, os seres vivos não possuem a capacidade de fixá-lo na forma de N<sub>2</sub> atmosférico.

**Exceção:** Certas bactérias gênero Nitrobacter, Rhizobium, certas algas azuis (Cianofíceas) fixam diretamente o nitrogênio do ar.

**Rhizobium – Leguminosa:** As bactérias do gênero Rhizobium vivem em mutualismo com os vegetais da família das leguminosas – formando os nódulos radiculares.

**Bactérias decompositoras:** transformam os resíduos nitrogenados orgânicos em amônia.

Fenômeno	Transformação	Bactéria
Amonização	$N.org \Rightarrow NH_3$	Decompositor
Nitrosação	$NH_3 \Rightarrow NO_2$	Nitrosomanos
Nitratação	$NO_2 \Rightarrow NO_3$	Nitrobacter

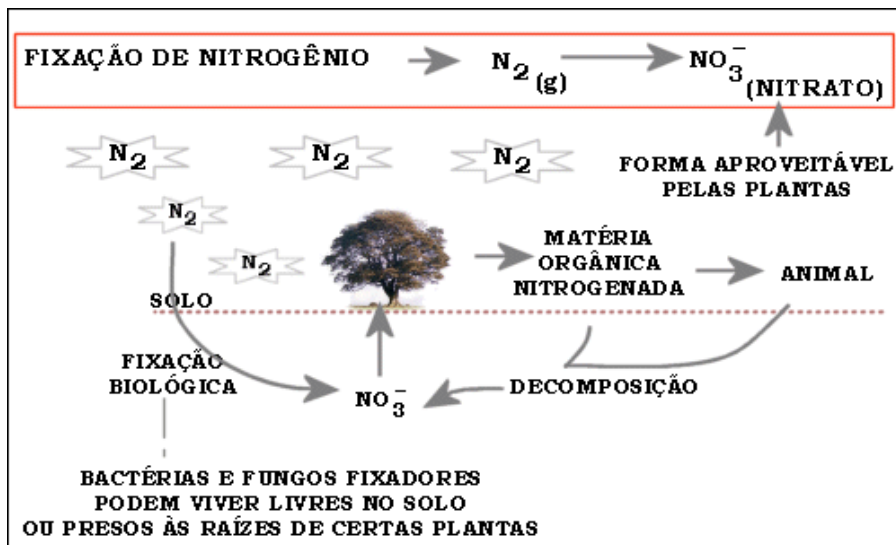
**Bactérias Nitrificantes:** Transforma no NH<sub>3</sub> obtido pela decomposição dos cadáveres em NO<sub>3</sub>, ou seja, transformam a amônia em nitritos e posteriormente em nitratos.

**Bactérias Desnitrificantes:** Bactéria encontrada no solo que a partir de nitratos produzem o nitrogênio livre que retorna à atmosfera. O nitrogênio sai dos animais quando morrem e são decompostos e através da excreção (peixes ósseos excretam amônia, peixes cartilagosos e mamíferos secretam uréia, aves e répteis excretam ácido úrico).

**Nitrogênio do Reino Animal:** O animal o obtém quando come direta ou indiretamente um vegetal, na forma de nitrogênio orgânico. O nitrogênio pode sair do animal, quando este é comido, pela excreção.

Dependendo do animal o nitrogênio pode ser excretado como:

Peixe cartilaginoso	Uréia
Peixe ósseo	Amônia
Répteis	Ácido úrico
Aves	Ácido úrico
Mamíferos	Uréia



#### 4. CLASSIFICAÇÃO DOS CICLOS

1. Ciclo da água ou hidrológico.
2. Ciclos dos macro e micronutrientes: minerais em geral
3. Ciclos sedimentares: fósforo, enxofre, cálcio, magnésio e potássio.
4. Ciclos gasosos: carbono, nitrogênio e oxigênio

O aumento acentuado da população humana e, principalmente, da taxa de crescimento populacional após a Revolução Industrial, na segunda metade do século XIX, implicou um aumento da produtividade agrícola para fazer frente à demanda crescente de alimentos.

O nitrogênio, assim como o fósforo, são fatores limitantes do crescimento dos vegetais e tornaram-se, por isso, alguns dos principais fertilizantes utilizados hoje na agricultura. O nitrogênio desempenha um importante papel na constituição das moléculas de proteínas, ácidos nucleicos, vitaminas, enzimas e hormônios, elementos vitais aos seres vivos.

O ciclo do nitrogênio, assim como o do carbono, é um ciclo gasoso. Apesar dessa similaridade, existem algumas diferenças notáveis entre os dois ciclos:

a atmosfera é rica em nitrogênio (78%) e pobre em Carbono (0,032%);

apesar da abundância de nitrogênio na atmosfera, somente um grupo seleto de organismos consegue utilizar o nitrogênio gasoso;

o envolvimento biológico no ciclo do nitrogênio é muito mais extenso do que no ciclo do carbono.

Quando o nitrogênio orgânico entra na cadeia alimentar, passa a constituir moléculas orgânicas dos consumidores primários, secundários, etc ... Atuando sobre os produtos de eliminação desses consumidores e do protoplasma de organismos mortos, as bactérias mineralizam o nitrogênio produzindo gás amônia ( $\text{NH}_3$ ) e sais de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), completando a fase de amonificação do ciclo.

$\text{NH}_4^+$  e  $\text{NH}_3$  são convertidos em nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) e, posteriormente, no processo de nitrificação, de nitritos em nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) por um grupo de bactérias quimiossintetizantes

A síntese industrial da amônia ( $\text{NH}_3$ ) a partir do nitrogênio atmosférico ( $\text{N}_2$ ), desenvolvida durante a Primeira Guerra Mundial, possibilitou o aparecimento dos fertilizantes sintéticos, com um conseqüente aumento da eficiência da agricultura. Entretanto, o ciclo equilibrado do nitrogênio depende de um conjunto de fatores bióticos e abióticos determinados e, portanto, nem sempre está apto a assimilar o excesso sintetizado artificialmente. Esse excesso, carregado para os rios, lagos e lençóis de água subterrâneos tem provocado o fenômeno da eutrofização, comprometendo a qualidade das águas.

Grande parte do nitrogênio existente nos organismos vivos não é obtida diretamente da atmosfera, uma vez que a principal forma de nutriente para os produtores são os nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ).

No ciclo do nitrogênio existem quatro mecanismos diferentes e importantes:

- ⌘ fixação do N atmosférico em nitratos;
- ⌘ amonificação;
- ⌘ nitrificação;
- ⌘ desnitrificação.

Na natureza, são poucas as formas vivas capazes de promover a fixação biológica do  $\text{N}_2$ . Alguns desses organismos têm vida livre, e entre eles podem-se citar certas algas azuis, como a *Nostoc*, e bactérias do gênero *Azotobacter* e



*Clostridium*. Outros, considerados os mais importantes fixadores de N<sub>2</sub>, vivem associadas às raízes de leguminosas (feijão, soja, ervilha, alfafa, etc.). Nesse caso estão as bactérias *Rhizobium*, que vivem normalmente no solo, de onde alcançam o sistema radicular das leguminosas jovens e penetram através dos pêlos absorventes, instalando-se finalmente nos tecidos corticais das raízes; ali se desenvolvem, fixando o N<sub>2</sub> atmosférico e transformando-o em sais nitrogenados, que são utilizados pelas plantas. O *Rhizobium*, então, funciona como um verdadeiro adubo vivo, fornecendo à planta os sais de nitrogênio necessários a seu desenvolvimento. Em contrapartida, a planta fornece matéria orgânica para as bactérias, definindo uma relação de benefícios mútuos denominada mutualismo.

A fixação do nitrogênio ocorre por meio dos organismos simbióticos fixadores de nitrogênio, dentre os quais destaca-se o *Rhizobium*, que vive em associação simbiótica (mutualismo) com raízes vegetais leguminosas (ervilha, soja, feijão, etc.).

A fixação do nitrato por via biológica é a mais importante. O nitrogênio fixado é rapidamente dissolvido na água do solo e fica disponível para as plantas na forma de nitrato. Essas plantas transformam os nitratos em grande moléculas que contêm nitrogênio e outras moléculas orgânicas nitrogenadas, necessárias à vida. Inicia-se, assim, o processo de amonificação.

Quando os decompositores atuam sobre a matéria orgânica nitrogenada (proteína do húmus, por exemplo) liberam diversos resíduos para o meio ambiente, entre eles a amônia (NH<sub>3</sub>). Combinando-se com a água do solo, a amônia forma hidróxido de amônio que ionizando-se, produz NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (íon amônio) e OH<sup>-</sup> (hidroxila).

Ao processo de decomposição, em que compostos orgânicos nitrogenados se transformam em amônia ou íon amônio, dá-se o nome de amonização. As bactérias quimiossintetizantes oxidam os íons e, com a energia liberada, fabricam compostos orgânicos a partir do CO<sub>2</sub> e água, definindo a quimiossíntese. A oxidação dos íons amônio produz nitritos como resíduos

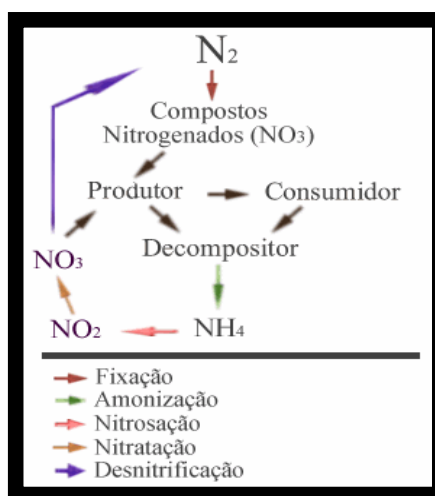
nitrogenados, que são liberados para o meio ambiente. À conversão dos íons amônio em nitritos dá-se o nome de nitrosação.

O nitrogênio entra constantemente na atmosfera pela ação das bactérias desnitrificantes, e continuamente retorna ao ciclo pela ação das bactérias ou algas fixadoras de nitrogênio (biofixação).

A degradação do nitrogênio presente na célula (formas orgânicas ou inorgânicas) acontece pela ação de espécies bacterianas especializadas presentes no solo, as quais disponibilizam amônia e nitrato. Essas duas formas de nitrogênio são os compostos facilmente utilizáveis pelas plantas verdes.

Os *nitritos* liberados pelas bactérias nitrosas (*Nitrosomonas* e *Nitrosococcus*) são absorvidos e utilizados como fonte de energia por bactérias quimiossintetizantes do gênero *Nitrobacter*. Da oxidação dos nitritos formam-se os *nitratos* que, liberados para o solo, podem ser absorvidos e metabolizados pelas plantas. À conversão do nitrito (ou ácido nitroso) em nitrato (ou ácido nítrico) dá-se o nome de nitratação.

A ação conjunta das bactérias nitrosas (*Nitrosomonas* e *Nitrosococcus*) e nítricas (*Nitrobacter*) permite a transformação da amônia em nitratos. A esse processo denomina-se nitrificação e às bactérias envolvidas dá-se o nome de nitrificantes.



## 5. Aplicabilidade

O plantio de leguminosas (feijão, por exemplo), a chamada adubação verde, enriquece o solo com compostos nitrogenados, uma vez que nas raízes dessas plantas há nódulos repletos de bactérias fixadoras de nitrogênio.

Outro procedimento agrícola usual é a rotação de culturas, na qual se alterna o plantio de não-leguminosas, que retiram do solo os nutrientes nitrogenados, com leguminosas que devolvem esses nutrientes para o meio.

## 6. Conclusões

Nome do Processo	Agente	Equação
Fixação	Bactéria <i>Rhizobium</i> e <i>Nostoc</i> (alga cianofícea)	$N_2 \Rightarrow$ sais nitrogenados
Amonização	Bactérias decompositoras	$N_{\text{orgânico}} \Rightarrow NH_4$
Nitrosação	Bactéria <i>Nitrosomonas</i> e <i>Nitrosococcus</i>	$NH_4 \Rightarrow NO_2$
Nitratação	Bactéria <i>Nitrobacter</i>	$NO_2 \Rightarrow NO_3$
Desnitrificação	Bactérias Desnitrificantes ( <i>Pseudomonas</i> )	$NO_3 \Rightarrow N_2$

Nitrosação: conversão de íons amônio (ou amônia) em nitritos.

Nitratação: conversão de nitritos em nitratos.

Nitrificação: conversão de íons amônio em nitratos.

Bactérias nitrificantes: compreendem as bactérias nitrosas (*Nitrosomonas* e *Nitrosococcus*) e nítricas (*Nitrobacter*). No solo existem muitas bactérias (*Pseudomonas*, por exemplo) que, em condições anaeróbicas, utilizam nitratos em vez de oxigênio no processo respiratório. Ocorre, então, a conversão de nitrato em  $N_2$ , que retorna à atmosfera, fechando o ciclo. À transformação dos nitratos em  $N_2$  dá-se o nome de desnitrificação, e as bactérias que realizam essa transformação são chamadas de desnitrificantes.

O ciclo fecha-se a partir da atividade de certas espécies de bactérias, que efetuam a denitrificação e devolvem o nitrogênio molecular,  $N_2$  para a atmosfera.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- **Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes** – ANDA - Edições 1988 a 2000 – São Paulo.
- CATANI, R.A. & JACINTHO, A.O. **Avaliação da fertilidade do solo; método de análise**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 61p.
- MALAVOLTA, E; **ABC da Adubação**. Editora Agronômica “CERES” LTDA. 5ª Edição – São Paulo, 2000.
- LEE, J. D. **Química Inorgânica Não Tão Concisa** . Editora Edgard Blücher LTDA. 4ª Edição – São Paulo, 1996