

CINÉTICAS DE MINERALIZAÇÃO AERÓBIA DE CELULOSE E LIGNINA DURANTE A DEGRADAÇÃO DE *Cabomba piauhyensis* E *Scirpus cubensis*.

CUNHA, M.B.* & BIANCHINI JÚNIOR, I.**

*Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais
Universidade Federal de São Carlos. Via Washington Luiz, km 235
Caixa postal 676, 13565-905 São Carlos, SP, Brasil.

**Departamento de Hidrobiologia e PPG-ERN, UFSCar.

RESUMO: Cinéticas de mineralização aeróbia de celulose e lignina durante a degradação de *Cabomba piauhyensis* e *Scirpus cubensis*. Neste estudo compararam-se as cinéticas de mineralização de celulose e de lignina, durante a degradação aeróbia de duas espécies de macrófitas aquáticas: *Cabomba piauhyensis* e *Scirpus cubensis*. Para cada espécie, foram montadas 10 câmaras de decomposição; a cada dia de amostragem desmontou-se uma câmara de cada espécie e os teores de lignina e de celulose dos detritos foram quantificados. Verificou-se que a taxa de mineralização da fração lábil da celulose de *S. cubensis* foi 6 vezes maior que a da celulose lábil da *C. piauhyensis*. Para as frações refratárias da celulose, a relação entre as taxas de mineralização foram 4 vezes mais elevadas para *S. cubensis*. Na comparação entre a mineralização da lignina verificou-se que o processo ocorrido com os detritos de *C. piauhyensis* foi 12 vezes mais lento em relação à *S. cubensis*. Em 120 dias de experimento estimou-se que a mineralização da celulose foi responsável pelo decaimento de 47% da matéria orgânica dos detritos de *S. cubensis* e de 38% dos de *C. piauhyensis*. Estimou-se, ainda, que a lignina foi responsável pelo decaimento de 40% da matéria orgânica total de *S. cubensis* e 31% de *C. piauhyensis*.

Palavras-chave: celulose, lignina, *Cabomba piauhyensis*, *Scirpus cubensis*, decomposição, mineralização, macrófitas aquáticas, matéria orgânica particulada (MOP).

ABSTRACT: Aerobic mineralization kinetics of cellulose and lignin on the decomposition of *Cabomba piauhyensis* and *Scirpus cubensis*. This paper compares the aerobic mineralization of cellulose and lignin, derived from the degradation of two species of aquatic macrophytes: *Cabomba piauhyensis* and *Scirpus cubensis*. For each species, 10 decomposition chambers were used. At the sample day, the particulate organic matter was fractionated from the dissolved and the quantification of cellulose and lignin in the detritus of each species was made. The mineralization rates of labile fraction of cellulose in the *S. cubensis* detritus were six times higher than the *C. piauhyensis*. The refractory fractions of cellulose were relatively higher for the mineralization of *S. cubensis*. In the comparison of the

lignin mineralization processes, *C. piauhyensis* detritus were twelve times slower than the *S. cubensis* detritus. In 120 days of experiment, it was estimated that the mineralization of cellulose was responsible for the decay of 47% of the organic matter in *S. cubensis* and 38% in *C. piauhyensis*. It was also estimated that lignin was responsible for the decay of 40% in the total organic matter of *S. cubensis* and 31% of *C. piauhyensis*.

Key-words: cellulose, lignin, *Cabomba piauhyensis*, *Scirpus cubensis*, decomposition, mineralization, aquatic macrophytes, particulate organic matter (POM).

INTRODUÇÃO

A decomposição da matéria orgânica em nível molecular pode ser definida como um processo catabólico, através do qual ocorrem os fluxos de energia e as transformações químicas dos detritos, pela ação das comunidades dos organismos decompositores. Através destes processos, ocorrem as quebras progressivas de moléculas orgânicas complexas em moléculas orgânicas simples e, por último, em compostos inorgânicos. As moléculas orgânicas simples possuem diversos destinos: podem constituir unidades para a síntese dos componentes moleculares dos tecidos dos decompositores, podem agir como substratos respiratórios para a manutenção do metabolismo, ou podem ser transformadas em moléculas inorgânicas (Swift et al., 1979).

Nos ambientes aquáticos a matéria orgânica detrital é proveniente tanto de material autóctone, como por exemplo: restos de algas e plantas aquáticas, como também de material alóctone, ou seja, restos da vegetação adjacente, matéria orgânica dissolvida e particulada dos tributários, lixiviados de solo, etc.

As características químicas da matéria orgânica são extremamente complexas. Desta forma muitos experimentos enfocando as transformações da matéria orgânica, assim como, os organismos responsáveis pelo seu decaimento têm sido realizados nos últimos anos. Porém um dos maiores obstáculos encontrados nesta área, refere-se a heterogeneidade dos substratos naturais. A utilização destes recursos pelos organismos decompositores implica no desenvolvimento de um grande número de estratégias (macroscópicas e bioquímicas) pois os detritos constituem-se de estruturas tanto física quanto quimicamente heterogêneas.

Os constituintes dos detritos vegetais são comumente divididos em seis categorias: (a) o maior constituinte químico da planta é a celulose, variando entre 15 a 60% do peso seco; (b) a hemicelulose, responsável por 10 a 30% do peso seco da planta; (c) a lignina que representa de 5 a 30% (peso seco); (d) a fração hidrossolúvel, que inclui: açúcares, aminoácidos, ácidos alifáticos, pode variar de 5 a 30% do peso seco do tecido da planta; (e) gorduras, óleos, resinas, ceras e pigmentos, representados por compostos solúveis em éter e álcool (f) por último, proteínas com grandes quantidades de nitrogênio e enxofre. Os constituintes minerais, estimados usualmente como cinzas, variam entre 1 a 13% do peso seco do tecido (Alexander, 1977).

A celulose é o composto orgânico encontrado com maior frequência na natureza, sendo um polissacarídeo estrutural extracelular muito importante. É o principal componente das fibras vegetais, é insolúvel em água e não apresenta sabor, é considerada um hidrato de carbono não redutor. Estas propriedades devem-se em grande parte ao fato de apresentarem massa molecular relativamente elevada. É representada pela seguinte fórmula: $(C_6H_{10}O_5)_n$, por hidrólise completa produz glucose-D (+) como único monossacarídeo. A hidrólise da

celulose, completamente metilada, fornece elevada proporção de 2,3,6-tri-O-metilglucose-D, desta maneira a celulose esta formada de cadeias de unidades de glucose-D, onde cada unidade liga-se ao C-4 da seguinte por uma ligação de glicosídeo. A rede das paredes celulares de vegetais consiste de camadas entrecruzadas de longas fibrilas de celulose, as quais são extremamente resistentes. Esta rede fibrilar é impregnada com uma matriz de propriedades cimentares e que consiste de polissacarídeos de tipos diferentes e de uma substância polimérica, a lignina (Lehninger, 1993).

A lignina é um polímero heterogêneo complexo, cuja formula química ainda não é totalmente compreendida. Ocorre na planta e está intimamente combinada com a celulose ou outros compostos. Durante sua síntese o polímero é formado por unidades propano fenólicas, arranjadas tridimensionalmente. As unidades são unidas por uma grande variedade de ligações químicas, sendo as mais comuns do tipo covalentes simples, nas quais um grupo fenólico e um grupo etílico são unidos por uma cadeia de átomos de carbono (Swift et al., 1979).

A energia dos detritos vegetais, disponível aos microrganismos, é principalmente originada de compostos como polissacarídeos, açúcares e lignina (Swift et al., 1979). Os compostos fenólicos, presentes nas ligninas, por serem de difícil degradação, contribuem na formação de substâncias húmicas. Os polifenóis, através de oxidações enzimáticas e/ou autoxidações produzem quinonas que por sua vez serão condensadas com aminoácidos, peptídeos, outros polifenóis, etc., formando substâncias de cor escura (Hurst & Burges, 1967).

Devido à incerteza relacionada com a estrutura química dos compostos húmicos e ao grande número de variáveis ambientais envolvidas com a sua formação, existem diversas hipóteses que tentam explicar as formações destas substâncias. No entanto, todas fundamentam-se em um princípio comum, ou seja, na condensação e/ou polimerização de produtos relativamente simples da decomposição (resíduos de plantas ou do metabolismo dos microorganismos) em grandes moléculas complexas de substâncias húmicas.

Conforme discutido, a celulose e a lignina representam os substratos de maior participação nos tecidos vegetais. Após a morte das plantas, irão constituir grande parte do detrito. Desta forma, a celulose e a lignina se constituem num dos principais substratos a serem utilizados pelos microrganismos durante a decomposição. Diante deste fato, este trabalho tem como objetivo comparar as cinéticas de mineralização de celulose e de lignina, decorrentes da degradação das macrófitas aquáticas *Scirpus cubensis* e *Cabomba piauhyensis*.

MATERIAIS E MÉTODOS

As macrófitas aquáticas utilizadas neste experimento foram *Scirpus cubensis* Poepp & Kunth e *Cabomba piauhyensis* Gradn coletadas em uma lagoa marginal do rio Mogi-Guaçu, a lagoa do Infernã - S.P. (21° 35' S e 47° 51' W). Para a remoção do perifiton, partículas de sedimentos e dos detritos aderidos, após serem colhidas, as plantas foram lavadas no local com água da própria lagoa. Foram levadas ao laboratório, onde novamente foram lavadas com água corrente em seguida secas em estufa (65°C), até peso constante.

Para cada espécie de macrófita, foram montadas 10 câmaras de decomposição. As câmaras continham água da lagoa do Infernã, previamente filtrada (em lâ de vidro) e fragmentos da *S. cubensis* ou de *C. piauhyensis*, na proporção de 5,0g PS de planta para cada 0,65 litro de água. As câmaras foram mantidas no escuro, em temperatura ambiente e sob condições aeróbias, através do borbulhamento constante de ar comprimido. O experimento teve a

duração de 120 dias. Neste período, para a realização das análises, duas câmaras (uma para cada espécie) foram desativadas nos dias 1, 3, 5, 10, 15, 20, 40, 60, 90 e 120. A matéria orgânica particulada (MOP) contida nas câmaras amostradas foi separada da matéria orgânica dissolvida (MOD) por filtração em rede de *nylon* (0,4 mm de diâmetro de poro) e, posteriormente, por centrifugação (1 hora, 978,2g).

As amostras de MOP (fragmentos de planta e detritos), foram secas em estufa (65 °C) até peso constante, tendo sua massa final determinada por gravimetria. A partir da MOP, os teores de celulose das amostras foram quantificados gravimetricamente. O método utilizado compreendeu: digestão (20 minutos e em banho-maria) em mistura ácida (ácido acético (8), água (2), ácido nítrico (1)), seguida por lavagem com etanol frio, etanol quente, benzeno quente e éter (Clampton & Maynard, 1938).

A lignina presente nas amostras de plantas e nos detritos foi também quantificada por gravimetria, através dos procedimentos sugeridos por Allen et al. (1974). Os teores de lignina foram estimados após extrações com éter (refluxo, 18 horas), digestões aquosas (3 horas a 60°C) e, em seguida, digestões ácidas (H_2SO_4 , - 72% por 2 horas a 20°C).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentadas através da Fig. 1, as variações da temperatura no decorrer do experimento. A temperatura média na qual o experimento desenvolveu-se foi de 25,3°C, com máxima de 27,5°C e mínima de 22,0°C. Na comparação das variações de temperatura do experimento com as registradas nos inventários na lagoa do Infernã, realizados por Feresin (1991), Gianotti (1994) e Antonio (1996), verificou-se que os processos de mineralização da celulose e da lignina desenvolvidos em laboratório ocorreram dentro de um intervalo próximo ao usualmente verificado em campo.

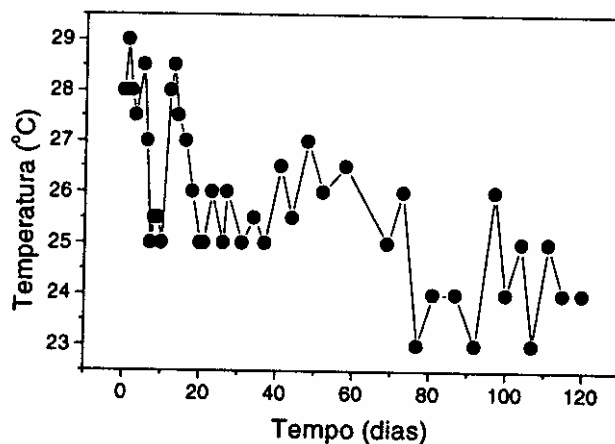


Figura 1. Variação temporal da temperatura ao longo do experimento.

Desta forma, no que se refere a esta variável, supõe-se que os processos de mineralização desenvolvidos *in vitro* podem ser considerados similares aos que se realizam na lagoa do Infernã. Assim sendo, admite-se que, a temperatura não se configurou como fator limitante.

Através da Fig. 2A e B, apresentam-se as variações temporais dos teores de celulose e lignina, decorrentes da decomposição aeróbia, nos detritos de *S. cubensis* e *C. piauhyensis*, respectivamente.

Os fragmentos de *S. cubensis* apresentaram teores mais elevados de celulose e de lignina em relação à *C. piauhyensis*. A celulose contribuiu com aproximadamente 64% do peso seco para a *S. cubensis* e com 47% para a *C. piauhyensis*. Em relação à lignina estes valores

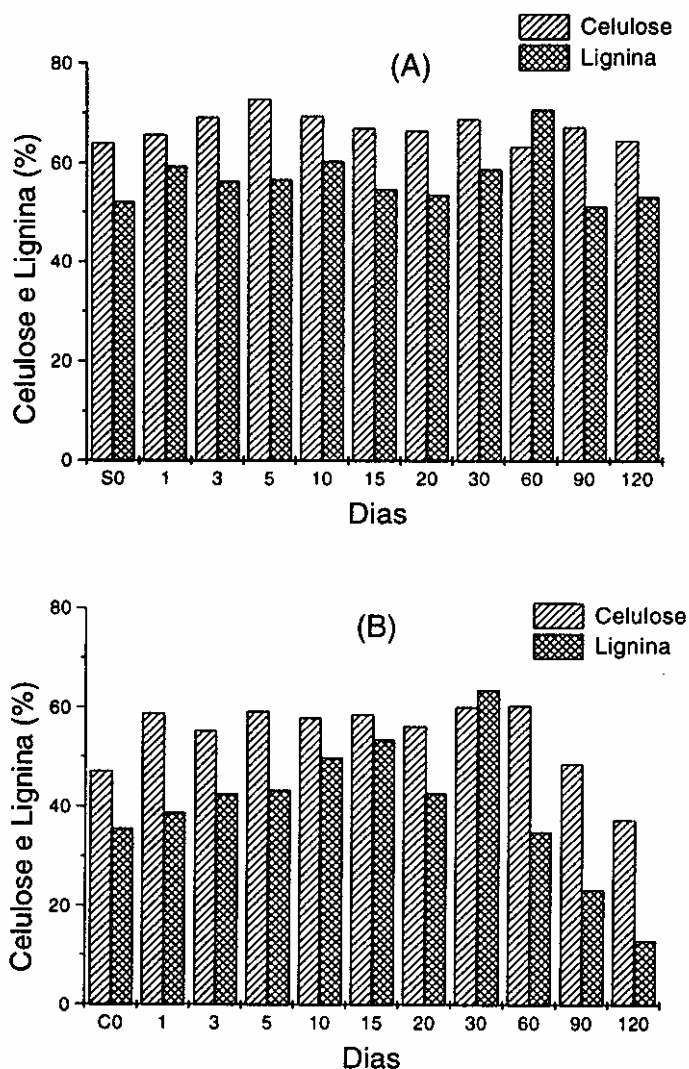


Figura 2. Variação temporal dos teores de celulose e lignina extraídos dos fragmentos e/ou detritos particulados de *Scirpus cubensis* (A) e *Cabomba piauhyensis* (B).

duração de 120 dias. Neste período, para a realização das análises, duas câmaras (uma para cada espécie) foram desativadas nos dias 1, 3, 5, 10, 15, 20, 40, 60, 90 e 120. A matéria orgânica particulada (MOP) contida nas câmaras amostradas foi separada da matéria orgânica dissolvida (MOD) por filtração em rede de *nylon* (0,4 mm de diâmetro de poro) e, posteriormente, por centrifugação (1 hora, 978,2g).

As amostras de MOP (fragmentos de planta e detritos), foram secas em estufa (65 °C) até peso constante, tendo sua massa final determinada por gravimetria. A partir da MOP, os teores de celulose das amostras foram quantificados gravimetricamente. O método utilizado compreendeu: digestão (20 minutos e em banho-maria) em mistura ácida (ácido acético (8), água (2), ácido nítrico (1)), seguida por lavagem com etanol frio, etanol quente, benzeno quente e éter (Clampton & Maynard, 1938).

A lignina presente nas amostras de plantas e nos detritos foi também quantificada por gravimetria, através dos procedimentos sugeridos por Allen et al. (1974). Os teores de lignina foram estimados após extrações com éter (refluxo, 18 horas), digestões aquosas (3 horas a 60°C) e, em seguida, digestões ácidas (H_2SO_4 - 72% por 2 horas a 20°C).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentadas através da Fig. 1, as variações da temperatura no decorrer do experimento. A temperatura média na qual o experimento desenvolveu-se foi de 25,3°C, com máxima de 27,5°C e mínima de 22,0°C. Na comparação das variações de temperatura do experimento com as registradas nos inventários na lagoa do Infernã, realizados por Feresin (1991), Gianotti (1994) e Antonio (1996), verificou-se que os processos de mineralização da celulose e da lignina desenvolvidos em laboratório ocorreram dentro de um intervalo próximo ao usualmente verificado em campo.

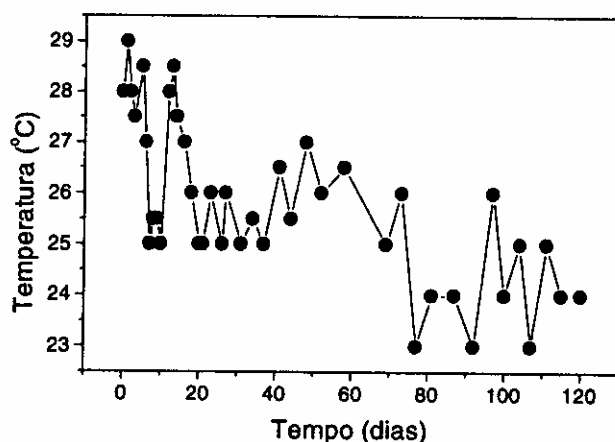


Figura 1. Variação temporal da temperatura ao longo do experimento.

Desta forma, no que se refere a esta variável, supõe-se que os processos de mineralização desenvolvidos *in vitro* podem ser considerados similares aos que se realizam na lagoa do Infernã. Assim sendo, admite-se que, a temperatura não se configurou como fator limitante.

Através da Fig. 2A e B, apresentam-se as variações temporais dos teores de celulose e lignina, decorrentes da decomposição aeróbia, nos detritos de *S. cubensis* e *C. piauhyensis*, respectivamente.

Os fragmentos de *S. cubensis* apresentaram teores mais elevados de celulose e de lignina em relação à *C. piauhyensis*. A celulose contribuiu com aproximadamente 64% do peso seco para a *S. cubensis* e com 47% para a *C. piauhyensis*. Em relação à lignina estes valores

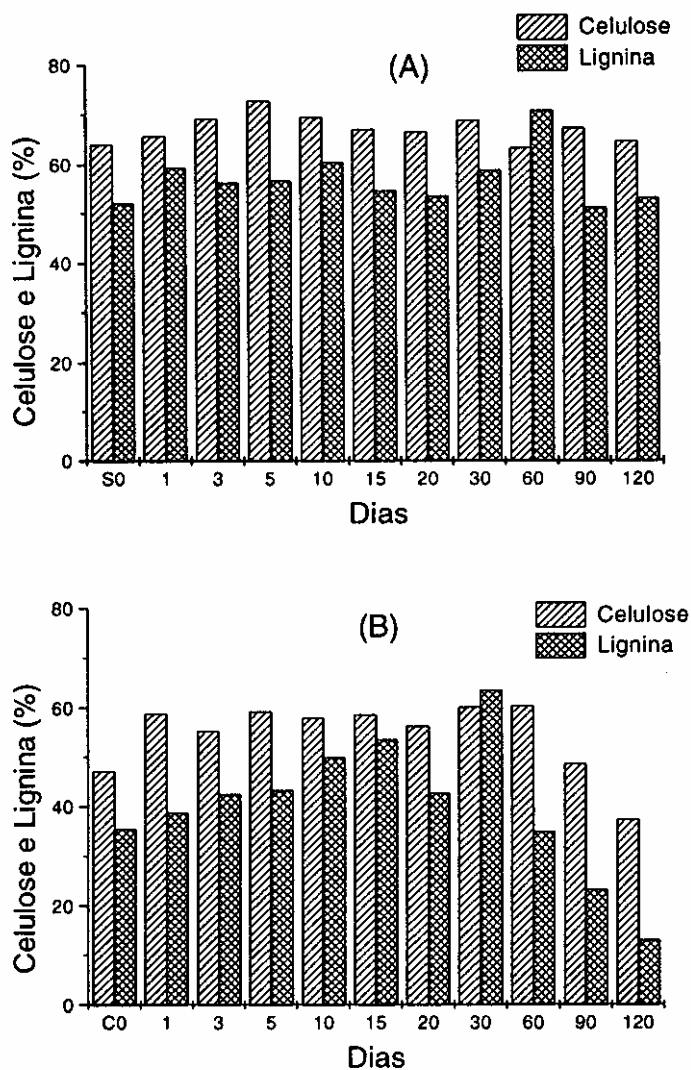


Figura 2. Variação temporal dos teores de celulose e lignina extraídos dos fragmentos e/ou detritos particulados de *Scirpus cubensis* (A) e *Cabomba piauhyensis* (B).

corresponderam à cerca de 52% para a *S. cubensis* e 35% para a *C. piauhyensis*. De certo modo estes resultados eram esperados pelo fato da *C. piauhyensis* ser uma planta aquática submersa, delicada e que apresenta pouca quantidade de material estrutural. Estudos realizados por Barbieri (1984), que contemplavam a descrição das frações da parede celular de algumas macrófitas aquáticas também indicam tais características, ou seja, plantas submersas apresentam menos quantidades de material estrutural em relação às emersas.

A partir da análise da celulose dos recursos, foi possível observar que os detritos tenderam, sempre, ser mais ricos em celulose que os fragmentos originais das plantas. Os incrementos observados para a celulose podem ser explicados pelo fato de que, com o decorrer da decomposição, os compostos mais lábeis e/ou solúveis presentes nos detritos foram sendo liberados por lixiviação ou mesmo consumidos pelos microrganismos, desta forma os compostos mais refratários, como a celulose passaram a contribuir em maior quantidade relativa para a composição do detrito (Fig. 2A e B).

Através da análise do decaimento da lignina, pode-se observar a mesma tendência anteriormente descrita para a celulose, principalmente para a *S. cubensis*, ou seja, durante o período experimental (120 dias), não se observou um decréscimo nos teores de lignina dos detritos desta planta, em comparação com o fragmento original. Para a *C. piauhyensis*, este comportamento foi também observado. Neste caso o incremento relativo da lignina do detrito foi observado até aproximadamente o 15º dia de experimento, a partir do qual iniciou-se um acentuado processo de perda de massa desta estrutura (Fig. 2B).

Este comportamento indica, de modo geral, que a taxa de decaimento da lignina da *C. piauhyensis* a partir do 15º dia foi maior do que a taxa de decaimento global do detrito. Os decaimentos dos teores de lignina verificada após o 15º dia de experimento sugerem que após as perdas de massa dos detritos por mineralização dos componentes lábeis e lixiviação dos compostos solúveis, os microrganismos passaram a utilizar compostos de natureza mais refratária, apesar de possuírem estrutura mais complexa e mais estável estruturalmente. Segundo Bianchini Jr. (1985), tal fato sugere que a lignina tenha entrado na rota de formação das substâncias húmicas, sendo utilizada tanto do ponto de vista estrutural quanto na manutenção e desenvolvimento dos microrganismos decompositores, responsáveis pelos produtos de ressíntese.

A partir de estudos realizados por Cunha (1996) sobre o processo de humificação das frações particuladas de *S. cubensis* e *C. piauhyensis*, observou-se que houve uma maior formação de compostos húmicos, nos detritos de *S. cubensis* em relação aos detritos de *C. piauhyensis*, sendo que nos dois casos houve, nas frações particuladas, maior formação de ácido fúlvico em relação a de ácido húmico. As diferenças entre as curvas de decaimento dos detritos e as formações concomitantes de substâncias húmicas, nas duas espécies, provavelmente referem-se a composição do detrito, ou seja, da contribuição relativa de cada classe de substância que se encontrava no detrito. Tais características sugerem que a natureza (lábil, refratária), assim como a forma de combinação (arranjos moleculares) destas substâncias influenciam na velocidade da humificação e na composição das substâncias húmicas formadas. Desta maneira, supõe-se que por apresentarem maiores quantidades de celulose e lignina, os detritos de *S. cubensis* formaram 1,4 mais ácido fúlvico e 1,2 vezes mais ácido húmico, que os de *C. piauhyensis*. Neste contexto verificou-se as seguintes relações entre celulose e lignina nos fragmentos de *S. cubensis* e *C. piauhyensis*: 1,36 e 1,44, respectivamente.

Na lagoa do Infernã, a exemplo da *S. cubensis* e da *C. piauhyensis* outras espécies de macrófitas aquáticas contribuem, através dos processos de decomposição, para a formação e acúmulo de grandes quantidades de materiais de difícil degradação. Estes detritos passam a

constituir o conjunto de matéria orgânica particulada do sedimento da lagoa, que se encontra em estado permanente de humificação. Por serem frações que apresentam baixas taxas de decaimento, caso estas forem menores que as de senescência das plantas, estes compostos tenderão ao acúmulo nos sedimentos, participando ativamente do processo de colmatção da lagoa.

A partir dos ajustes dos resultados a modelos cinéticos de primeira ordem, de acordo com procedimentos similares que os sugeridos por Bianchini Jr. & Toledo (1996) verificou-se que no processo de mineralização aeróbia dos detritos de *C. piauhyensis*, houve intenso decaimento dos teores de lignina e de celulose (Fig. 3). Estes decaimentos resultaram de dois processos ocorridos em simultâneo com estes recursos. O primeiro, mais rápido, refere-se a lixiviação das frações solúveis e a mineralização das frações lábeis. O segundo processo, mais lento, decorre da oxidação das frações refratárias da celulose e da lignina.

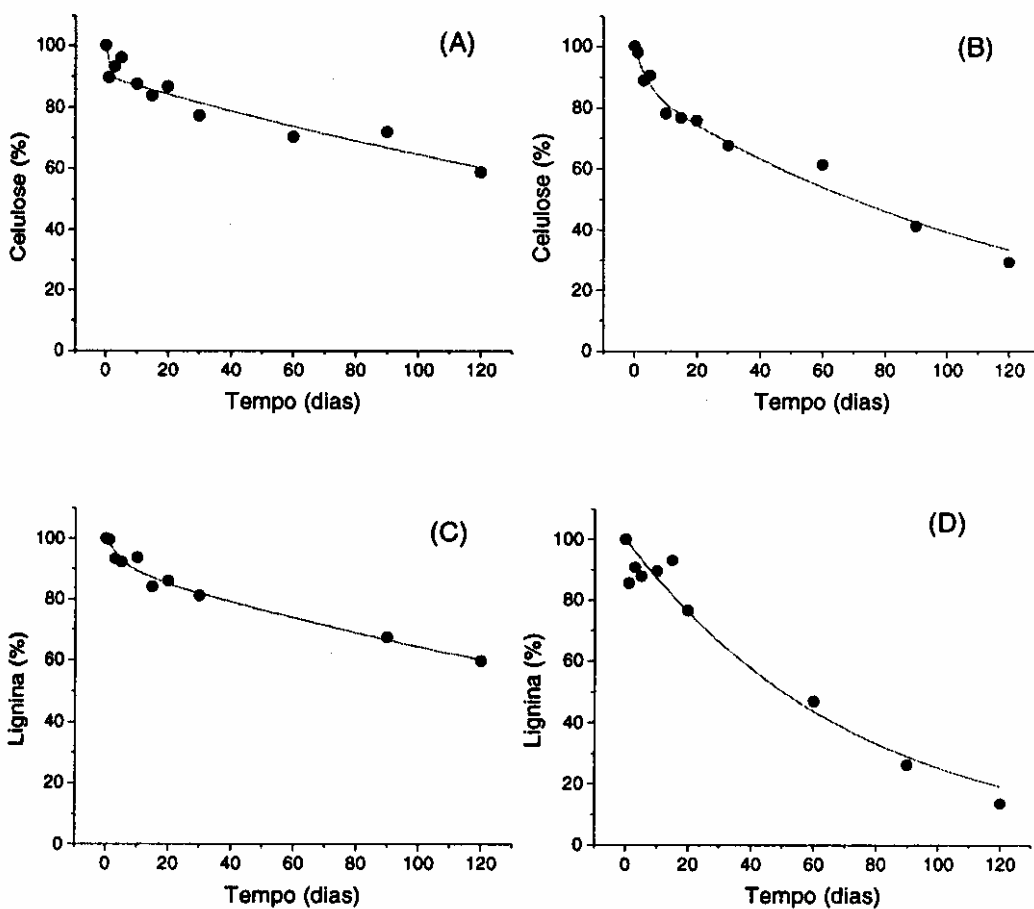


Figura 3. Variações temporais dos teores de celulose e de lignina durante a degradação de *Scirpus cubensis* e (A e C) *Cabomba piauhyensis* (B e D).

Com base nos ajustes dos resultados aos modelos cinéticos (Fig. 4-5), verifica-se que para a *S. cubensis* a taxa global dos processos de mineralização das frações lábeis da celulose, foi $1,5 \text{ dia}^{-1}$, este valor corresponde a um tempo de meia-vida da ordem de 0,46 dias, ou seja, aproximadamente 11 horas. A fração refratária da celulose apresentou uma taxa de $0,033 \text{ dia}^{-1}$ ($t_{1/2}$ vida » 21 dias). Na comparação entre os processos de mineralização da celulose verificou-se que os ocorridos nos detritos de *C. piauhyensis* (fração lábil) foram aproximadamente 6 vezes mais lentos, correspondendo a uma taxa de $0,251 \text{ dia}^{-1}$, a fração refratária apresentou uma taxa de $0,008 \text{ dia}^{-1}$ ($t_{1/2}$ vida » 86 dias).

Para a *S. cubensis* as taxas globais dos processos de mineralização das frações lábeis e refratárias da lignina foram $0,169 \text{ dia}^{-1}$ e de $0,0034 \text{ dia}^{-1}$, correspondentes a tempos de meia-

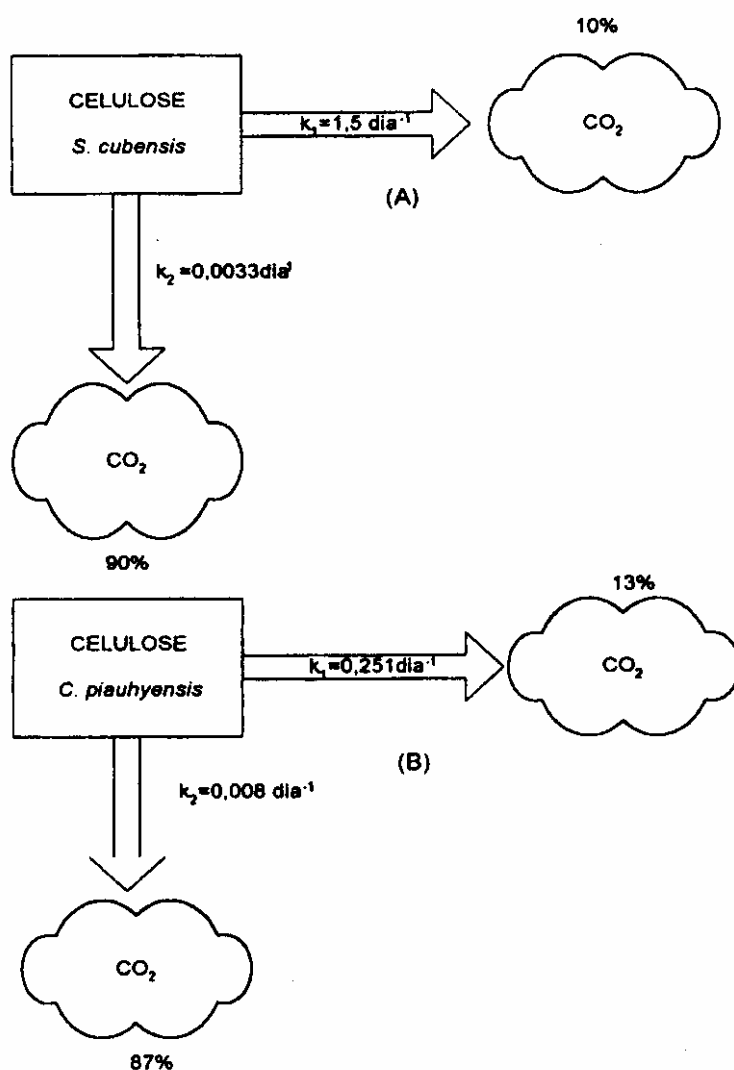


Figura 4. Balanço global do processo de mineralização de celulose, com suas respectivas taxas de lixiviação/mineralização para *Scirpus cubensis* (A) e *Cabomba piauhyensis* (B).

vidas da ordem de 4 e 203 dias, respectivamente. Na comparação entre os processos de mineralização da lignina verificou-se que os ocorridos nos detritos de *C. piauhyensis* correspondem a uma taxa de $0,014 \text{ dia}^{-1}$ (≈ 49 dias), o que significa que para a *C. piauhyensis*, este processo foi aproximadamente 12 vezes mais lento.

Em termos quantitativos, para a *S. cubensis* durante o processo de mineralização da celulose, pode-se observar a heterogeneidade do substrato, desta forma: 10% da celulose pode ser considerada como sendo mais lábil e 90% como sendo mais refratária. Para a *C. piauhyensis* pareceu haver uma convergência na ordem de grandeza, sendo a fração lábil de 13% e a fração refratária de 87% (Fig. 4). Em relação à mineralização da lignina, para a *S. cubensis* observou-se o mesmo comportamento observado para a celulose, no qual a fração lábil correspondeu a 9,3% do detrito e a fração refratária à 90,7%. Este comportamento mostrou-se diferenciado na lignina presente no detrito de *C. piauhyensis*, na qual em termos de mineralização o substrato apresentou uma homogeneidade na sua composição (Fig. 5).

No contexto das frações refratárias, com base nos resultados obtidos estimou-se que a mineralização da celulose provavelmente seja responsável pelo decaimento de 47% da MOT para a *S. cubensis* e de 38% para a *C. piauhyensis*. Por sua vez, supõe-se que foi a lignina responsável pelo decaimento de cerca de 40% da MOT para a *S. cubensis* e de 31% para a *C. piauhyensis*.

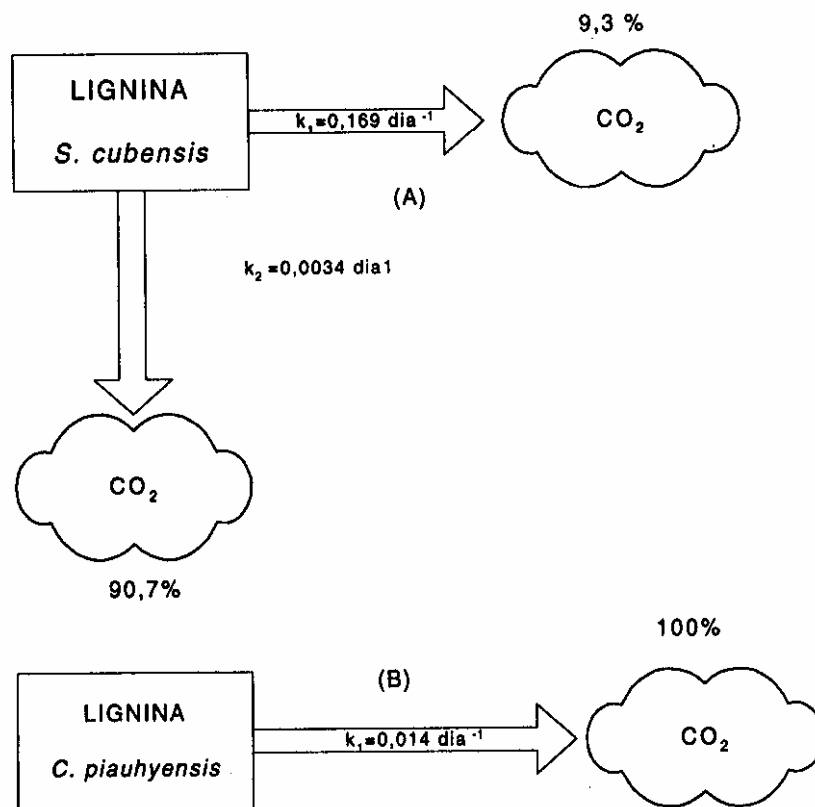


Figura 5. Balanço global do processo de mineralização de lignina, com suas respectivas taxas de lixiviação/mineralização para *Scirpus cubensis* (A) e *Cabomba piauhyensis* (B).

CONCLUSÕES

Com base nos procedimentos experimentais adotados, concluí-se que: 1) Os fragmentos de *S. cubensis* apresentaram maiores teores de celulose e de lignina em relação à *C. piauhyensis*; 2) A taxa de mineralização da fração lábil da celulose dos detritos de *S. cubensis* foi 1,5 dia⁻¹, cerca de 6 vezes maior que a da celulose da *C. piauhyensis*; 3) Para as frações refratárias da celulose, a relação entre as taxas de mineralização foram 4 vezes mais elevadas para *S. cubensis* (0,033 dia⁻¹); 4) Para a *S. cubensis* as taxas de mineralização das frações lábeis e refratárias da lignina foram 0,169 dia⁻¹ e de 0,0034 dia⁻¹, respectivamente; 5) Na mineralização da lignina verificou-se que os processos ocorridos nos detritos de *C. piauhyensis* apresentaram uma taxa de 0,014 dia⁻¹, ou seja, para esta espécie este processo é cerca de 12 vezes mais lento; 6) Para a *S. cubensis*, 10% da celulose pode ser considerada lábil. Para a *C. piauhyensis* estimou-se que as frações lábeis de celulose corresponderam a 13%; 7) Na mineralização da lignina, para *S. cubensis* observou-se o mesmo que o verificado para a celulose, ou seja, a fração lábil correspondeu a 9,3% do detrito. Esta característica mostrou-se diferenciada na lignina presente no detrito de *C. piauhyensis*, que em relação à de mineralização, apresentou-se homogênea.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, proc. n° 95/0119-8) pelo financiamento deste trabalho e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de estudo (PIBIC- UFSCar).

REFERÊNCIAS CITADAS

- Antonio, R. M. 1996. Estimativa da capacidade heterotrófica do Lago Infernã (Estação Ecológica de Jataí, SP). São Carlos, UFSCar. 82p. (dissertação)
- Alexander, M. 1977. Introduction of Soil Microbiology. John Wiley & Sons, New York. 467 p.
- Allen, S. E.; Grimshaw, H. M.; Parkinson, J. A.; Quarmby C. 1974. Chemical Analysis of Ecological Materials. Oxford, Blackwell. 565 p.
- Barbieri, R. 1984. Estudo da composição química de algumas espécies de macrófitas aquáticas e suas implicações no metabolismo da represa do Lobo (BROA), São Carlos, UFSCar. 225p. (Dissertação)
- Bianchini Jr., I.; Toledo, A. P. P.; Souza, J. A. 1979. Extração e determinação de carboidratos de plantas aquáticas - Uma comparação de métodos, Livro de Resumos do 1º Encontro Regional de Química, 99 p.
- Bianchini Jr., I. 1985. Estudos dos processos de humificação de *Nymphoides indica* (L.) O. Kuntze. São Carlos, UFSCar. 285 p. (Tese)
- Bianchini Jr., I. & Toledo, A. P. P. Estudo da mineralização de *Eleocharis mutata*. Anais VII Sem. Reg. Ecol. São Carlos: UFSCar, 57-72. 1996.
- Clampton, E. W. & Maynard, L. A. 1938. The relation of cellulose and lignin content and nutritive value of animal feeds. J. Nutrition., 15: 383-395.
- Cunha, M. B. 1996. Ensaio de Humificação e Mineralização de *Scirpus cubensis* e *Cabomba piauhyensis*. São Carlos, UFSCar. 68p. (Monografia)

-
- Feresin, E. G. 1991. Nitrificação em uma Lagoa Marginal do Rio Mogi-Guaçu (Lagoa do Infernã, Estão Ecológica do Jataí - Luiz Antônio, SP) São Carlos, UFScar. 69p. (Dissertação)
- Gianotti, E. P. 1994. Desnitrificação em uma Lagoa Marginal do Rio Mogi-Guaçu, Lagoa do Infernã (Estação Ecológica do Jataí - Município de Luiz Antônio - SP). São Carlos, UFScar. 298 p. (Tese)
- Hurst, H. M. & Burges, N. A. 1967. Lignin and Humic Acids. Soil Biochemistry (McLaren, A. D. e Peterson, G.H. eds.) New York, Marcel Dekker. 509P.
- Lehninger, A. L. 1993. Princípios de Bioquímica, Sarvier, São Paulo. 725p.
- Swift, M. J.; Heal, D. W.; Anderson, J. M. 1979. Studies in Ecology: Decompositions in Terrestrial Ecosystems; Blackwell, Oxford. 371p.