

Perfil espectral dos carbonos do extrato ciclohexano da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden por RMN de ^{13}C

Natália Dias de Souza¹
Heber dos Santos Abreu¹
Daniel Bastos Chalita¹
José Carlos Ferreira Batista¹
Diogo Silveira Pereira¹
Vagner Feliciano Pereira¹
Jorge Mitiyo Maeda¹
Inês Sabioni Resck²
Robert Cardoso Sartório³

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo traçar o perfil de carbonos do extrato ciclohexano da madeira de *Eucalyptus grandis* por RMN de ^{13}C . Os resultados permitiram afirmar que os extratos ciclohexanos mantiveram-se quantitativamente constantes nas três regiões da madeira (alburno, zona de transição e cerne), enquanto os metanólicos apresentaram diferenças, revelando que as condições ambientais modificam quantitativamente os extratos mais polares. Os dados de RMN de ^{13}C mostraram que os espectros dos extratos ciclohexanos do cerne foram os mais representativos para o estudo de identificação de madeiras de clones de *E. grandis*, devido ao maior número de absorções existentes. Com esses resultados foi possível traçar o perfil espectral comum para a espécie *E. grandis* de cada região (alburno, zona de transição e cerne) da madeira. Um banco de dados será formado para viabilizar com maior exatidão a identificação de madeiras de *Eucalyptus*.

Palavras-chave: Identificação de madeiras, extratos, perfil espectral.

ABSTRACT

Spectral profile of carbons of the cyclohexane extract from wood of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden by ^{13}C NMR

The objective of this work was to draw up the profile of carbons of the cyclohexane extract from wood of *Eucalyptus grandis* by ^{13}C NMR. The results indicated that cyclohexane extracts remained quantitatively constant in the three wood regions (sapwood, transition zone and heartwood), whereas methanol extracts presented differences, showing that environmental conditions modify quantitatively the most polar extracts. ^{13}C NMR results showed that the spectra of cyclohexane extract from heartwood were considered the most representative for the identification of *E. grandis* clones because of the largest number of existing resonance signals. With these results it was possible to identify a common spectral profile for each region, (sapwood, zone of transition and heartwood) of *E. grandis* wood.

Key words: Wood identification, extracts, spectral profile

Recebido para publicação em novembro de 2007 e aprovado em outubro de 2008

¹ Departamento de Produtos Florestais, Instituto de Florestas, UFRJ, 23890-000 Seropédica-RJ. natdias@ufrj.br

² Instituto de Química, Universidade de Brasília, UNB, 4478 Brasília.

³ Aracruz Celulose S. A. Aracruz, ES, 29197-900.

INTRODUÇÃO

A madeira é constituída majoritariamente pela celulose, lignina e hemicelulose, que são responsáveis pela estrutura da parede celular e pela maioria de suas propriedades. Outras substâncias são consideradas especiais e apresentam variabilidade em quantidade, constituição e estrutura (Lepage, 1986).

De acordo com Oliveira *et al.* (2005), a durabilidade da madeira é conferida pelos seus componentes complementares, que na maioria das vezes ocorrem em pequenas proporções. Entretanto, Oliveira & Della Lucia (1994), ao determinarem os teores de extrativos de 27 espécies de madeiras, encontraram valores bastante elevados. A quantidade e o tipo dessas substâncias são diferentes entre espécies, gêneros, famílias.

Nas últimas décadas, observou-se significativo aumento nas informações tecnológicas básicas sobre as propriedades da madeira do gênero *Eucalyptus*, intensificando o seu emprego.

Dentre as espécies do gênero *Eucalyptus*, destaca-se o *Eucalyptus grandis*, cuja cultura tem demonstrado ser uma das mais produtivas e competitivas do mundo. Segundo Mora & Garcia (2000), esta espécie supera qualquer outra em incremento volumétrico em condições ambientais adequadas, sendo a mais plantada no Brasil devido a sua plasticidade genética, obtenção de híbridos e clonagem de árvores selecionadas.

Outro fato mais recente relacionado ao gênero *Eucalyptus* é a existência de clones interligados ao melhoramento genético. A primeira plantação clonal foi estabelecida em 1979 em mil hectares no Estado do Espírito Santo (Brasil), com ganhos expressivos em produtividade e qualidade da madeira (Ruy, 1998). A partir desse período, a preferência pela clonagem vem crescendo devido à consolidação dos ganhos a partir do melhoramento genético, promovendo a homogeneização das propriedades tecnológicas da madeira, com benefícios para qualidade do produto final, altamente desejável na atividade industrial (Silva *et al.*, 2003). Sob outro aspecto, a identificação da madeira de eucalipto tem sido encarada como uma tarefa difícil. Pela grande dificuldade dessa tarefa, torna-se impreterivelmente necessário o desenvolvimento de novos métodos tecnológicos mais rápidos e eficientes. Nesse sentido, a utilização da técnica RMN ^{13}C pode ser uma nova ferramenta para dirimir dúvidas na identificação. O método tem sido muito utilizado para elucidar estruturas moleculares de substâncias orgânicas que ocorrem em plantas (Harbone, 1994; Gottlieb & Yoshidas, 1989), principalmente utilizando técnicas experimentais avançadas de 2D (Lambert & Mazzola, 2003). Cienfuegos & Vaitsman (2000) relata as principais vantagens da RMN: preparação muito simples e fácil obtenção de dados de amostras das mais variadas formas e tamanhos.

Espectros de RMN de extratos brutos de madeira nunca foram usados como ferramenta para caracterizar a madeira sob este ponto de vista. A imensa quantidade de absorções que representam todos os carbonos moleculares dos extratos pode significar uma impressão quase digital de uma determinada madeira. A relação do deslocamento químico dos carbonos e o seu tipo podem trazer informações mais do que a existência de diferentes substâncias e pode ser um retrato da composição como um todo, cujas características refletem a natureza do lenho e sua origem genética.

Em quimiosistemática muitas substâncias que ocorrem em madeiras são usadas como marcadores quimiosistemáticos na identificação de táxons, adotando previsão associativa entre a ocorrência de substâncias diferentes, sua via metabólica e diversidade molecular em um mesmo táxon (Gottlieb, 1982). O número de sinais correspondente ao deslocamento químico dos átomos de carbono é maior nos extratos do que em uma única substância. A maioria dos extratos de madeira elaborados com solventes orgânicos contém diversas substâncias que são representadas pelos seus átomos de carbono, portanto a diversidade de deslocamentos químicos tem sido considerada de uma forma globalizada sem atribuição individual dos deslocamentos químicos de cada substância do extrato. Assim, neste trabalho eles são atribuídos como carbonos do extrato e não de uma determinada substância. Foi com este enfoque que está sendo desenvolvido um banco de dados para servir como uma biblioteca de identificação de madeiras das espécies do gênero *Eucalyptus*.

De forma geral, a RMN pode representar uma ferramenta interessante capaz de fornecer o perfil dos carbonos moleculares de extratos de uma espécie, que dificilmente se repete integralmente em outras madeiras (espécies).

Este trabalho teve como objetivo traçar o perfil de carbonos moleculares do extrato ciclohexano da madeira de *Eucalyptus grandis* por RMN de ^{13}C

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta do material

A coleta de material para análise foi realizada em parceria com a Aracruz Florestal, localizada no Estado do Espírito Santo. As amostras foram provenientes de clones de árvores de *E. grandis*. Foram selecionadas quatro árvores em duas áreas diferentes, dando-se preferência às adultas e saudáveis com idade aproximada de 15 anos (Tabela 1). O material de estudo foi obtido em formato de disco com 5 cm de espessura e retirado ao DAP (diâmetro na altura do peito).

Tabela 1 - Material de clones de *E. grandis* de duas áreas diferentes, coletado na Aracruz-ES

Área	Talhão	Indivíduo	Posição do Disco	Altura(m)	Idade(anos)	Material genético
I	24	1	DAP	37,6	15,67	AR8
I	24	2	DAP	38,0	15,67	AR8
II	6	1	DAP	46,8	15,42	AR8
II	6	2	DAP	44,0	15,42	AR8

Nota: Área I e II (Plantios de regiões geográficas distintas).

Preparação das amostras

Foram retiradas amostras a partir dos discos após identificação das regiões do alburno, zona de transição e cerne. Dessas amostras, foram obtidos cavacos de madeira. Utilizando-se um moinho de facas do tipo Willey, os cavacos foram convertidos em serragem.

O material empregado nas análises foi aquele que passou pela peneira número 16 internacional (malha 40 ASTM) e o que ficou retido na peneira número 24 internacional (malha 60ASTM).

Na extração, empregou-se o aparelho de soxhlet, utilizando-se, separadamente, 16 g de madeira moída e homogênea de cada parte do disco. O material foi acondicionado em um cartucho confeccionado com papel-filtro e colocado dentro do tubo de extração. O solvente foi colocado em um balão de 1.000 mL, obedecendo à escala eluitrópica na ordem crescente de polaridade (ciclohexano; acetato de etila; metanol). O tempo de extração para cada solvente foi de 48 h ininterruptas. Logo após esse período, o extrato foi concentrado em rotavapor. Os concentrados foram transferidos para um recipiente até a completa evaporação do solvente em temperatura ambiente.

Análise dos extratos por RMN de ^{13}C

Os espectros de cada extrato foram obtidos em um espectrômetro VARIAN Mercury plus (300 MHz para 1H , 75,46 MHz para ^{13}C), utilizando-se a sonda de 5 mm de diâmetro interno, à temperatura ambiente e pulso de 45°. Os deslocamentos químicos (ppm) foram referenciados $CDCl_3$ (77,0 ppm) e CD_3OD (49,0 ppm). O uso da técnica complementar APT (Attached Proton Test) com a sequência de pulsos auxiliou nas identificações e correlações dos carbonos (Brekmaier & Voelter, 1987).

A obtenção dos espectros foi realizada no Laboratório de Ressonância Magnética Nuclear do Instituto de Química da UnB.

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade pelo teste de Lilliefors e, constatada a não-normalidade, foram submetidos a transformações, conforme recomendação de Ribeiro Júnior (2001). Persistida a condição anterior, os valores relativos aos indivíduos foram submetidos ao teste de médias pelo teste de qui-quadrado

(χ^2), considerando os efeitos da variação entre indivíduos e regiões da madeira estudada (alburno, zona de transição e cerne). Não constatadas diferenças entre indivíduos para qualquer dos efeitos, os valores referentes à região da madeira em função dos extrativos foram submetidos à análise de variância e contrastes entre médias pelo Teste de Kruskal - Wallis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teor de extrativos

Nas três regiões da madeira estudadas (alburno, zona de transição e cerne), as extrações com ciclohexano e com acetato de etila foram semelhantes, já a extração com metanol apresentou diferenças significativas em relação aos demais solventes (Tabela 2).

Essas variações podem ser explicadas enfocando-se em três fatores: fisiológicos, ecológicos e genéticos.

A natureza e a quantidade de metabólitos produzidos durante o desenvolvimento do vegetal podem ser afetadas por radiação (alta ou baixa), temperatura (excessivamente elevada ou baixa), precipitação (alta, deficiente e seca total), ventos fortes, altitude, solo, época de coleta, entre outros (Evans, 1991; Vitti & Brito, 1999; Simões & Spitzer, 1999; Larcher, 2000; Calixto, 2001; Gouinuené & Turlings 2002).

Nesse caso, o comportamento fisiológico pode se manifestar muitas vezes dependendo de outros fatores. O estresse hídrico, as condições de nutrição e as condições edáficas, por exemplo, comprometem o funcionamento fisiológico normal verificado nos indivíduos.

A ocorrência de déficit hídrico em plantas cultivadas também afeta o crescimento e o desenvolvimento das culturas em todo o mundo (Santos & Carlesso, 1998).

Tabela 2 - Valores das médias pelo Teste de Kruskal - Wallis

Tratamentos	Regiões da Madeira		
	Alburno	Zona de Transição	Cerne
Ciclohexano	0,15a	0,24a	0,25a
Acetato de etila	0,37a	1,40a	0,97a
Metanol	3,53b	6,78b	5,57b

Nota: Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade

Tabela 3 - Deslocamento químico em ppm dos extratos ciclohexano da região do alburno para as madeiras dos clones da espécie *E. grandis*

N. do sinal	Indivíduo 1 Área I	Indivíduo 2 Área I	Indivíduo 1 Área II	Indivíduo 2 Área II	Média	Máxima	Mínima
1	11,96	11,95	11,97	11,96	11,96	11,97	11,95
2	14,10	14,04	14,09	14,04	14,07	14,10	14,04
3	19,02	19,00	19,03	19,00	19,01	19,03	19,00
4	19,80	19,80	19,80	19,80	19,80	19,80	19,80
5	21,06	21,05	21,07	21,00	21,05	21,07	21,00
6	22,67	22,67	22,67	22,67	22,67	22,67	22,67
7	23,05	23,02	23,07	23,03	23,04	23,07	23,02
8	23,73	23,70	23,74	23,71	23,72	23,74	23,70
9	24,29	24,28	24,29	24,28	24,28	24,29	24,28
10	26,07	26,02	26,09	26,02	26,05	26,09	26,02
11	27,19	27,17	27,19	27,18	27,18	27,19	27,17
12	28,24	28,23	28,23	28,23	28,23	28,24	28,23
13	30,34	30,32	30,36	30,33	30,34	30,36	30,32
14	31,91	31,89	31,91	31,89	31,90	31,91	31,89
15	33,93	33,90	33,95	33,90	33,92	33,95	33,90
16	36,14	36,12	36,14	36,12	36,13	36,14	36,12
17	37,24	37,22	37,25	37,22	37,23	37,25	37,22
18	38,14	38,13	38,16	38,13	38,14	38,16	38,13
19	38,72	38,69	38,73	38,70	38,71	38,73	38,69
20	39,72	39,73	39,77	39,70	39,73	39,77	39,70
21	42,30	42,28	42,31	42,29	42,29	42,31	42,28
22	45,82	45,79	45,84	45,80	45,81	45,84	45,79
23	56,04	56,00	56,05	56,00	56,02	56,05	56,00
24	68,15	68,14	68,15	68,14	68,14	68,15	68,14
25	73,77	73,68	73,70	73,69	73,71	73,77	73,68
26	128,84	128,78	128,80	128,78	128,80	128,84	128,78
27	130,90	130,87	130,86	130,87	130,88	130,90	130,86

Tabela 4 - Deslocamento químico em ppm dos extratos ciclohexano da região da zona de transição para as madeiras dos clones da espécie *E. grandis*

N. do sinal	Indivíduo 1 Área I	Indivíduo 2 Área I	Indivíduo 1 Área II	Indivíduo 2 Área II	Média	Máxima	Mínima
1	11,95	11,94	11,91	11,96	11,94	11,96	11,91
2	14,11	14,09	14,08	14,11	14,10	14,11	14,08
3	18,74	18,74	18,71	18,76	18,74	18,76	18,71
4	19,29	19,36	19,23	19,38	19,32	19,38	19,23
5	19,80	19,79	19,77	19,81	19,79	19,81	19,77
6	21,03	21,05	21,00	21,06	21,04	21,06	21,00
7	22,67	22,66	22,64	22,68	22,67	22,68	22,64
8	24,27	24,27	24,25	24,28	24,27	24,28	24,25
9	25,60	25,59	25,57	25,61	25,59	25,61	25,57
10	27,17	27,16	27,14	27,18	27,16	27,18	27,14
11	31,56	31,57	31,47	31,51	31,53	31,57	31,47
12	36,11	36,12	36,09	36,13	36,11	36,13	36,09
13	42,26	42,27	42,25	42,25	42,26	42,27	42,25
14	45,77	45,78	45,74	45,80	45,77	45,80	45,74
15	55,98	56,00	55,96	55,91	55,96	56,00	55,98
16	56,71	56,72	56,62	56,66	56,68	56,74	56,62
17	127,87	127,87	127,85	127,89	127,87	127,89	127,85
18	130,87	130,86	130,89	130,87	130,87	130,89	130,86

Tabela 5 - Deslocamento químico em ppm dos extratos ciclohexano da região do cerne para as madeiras dos clones da espécie *E. grandis*

N. do sinal	Indivíduo 1 Área I	Indivíduo 2 Área I	Indivíduo 1 Área II	Indivíduo 2 Área II	Média	Máxima	Mínima
1	11,84	11,80	11,83	11,81	11,82	11,84	11,80
2	11,96	11,93	11,95	11,94	11,94	11,96	11,93
3	14,13	14,08	14,09	14,09	14,10	14,13	14,08
4	18,76	18,73	18,75	18,74	18,74	18,76	18,73
5	19,00	18,98	19,01	18,99	18,99	19,98	19,00
6	19,38	19,34	19,37	19,36	19,36	19,38	19,34
7	19,81	19,78	19,79	19,78	19,79	19,81	19,78
8	21,05	21,02	21,06	21,03	21,04	21,06	21,02
9	22,69	22,65	22,68	22,66	22,67	22,69	22,65
10	23,02	23,00	23,04	23,00	23,01	23,04	23,00
11	24,28	24,25	24,28	24,26	24,27	24,28	24,25
12	24,70	24,69	24,70	24,68	24,69	24,70	25,68
13	25,99	25,58	26,03	25,98	25,90	26,03	25,98
14	27,18	27,15	27,17	27,16	27,17	27,18	27,15
15	28,24	28,20	28,23	28,21	28,22	28,24	28,20
16	30,34	30,30	30,33	30,31	30,32	30,32	30,30
17	31,56	31,49	31,57	31,54	31,54	31,57	31,49
18	31,91	31,87	31,90	31,89	31,89	31,91	31,87
19	33,88	33,86	33,91	33,87	33,88	33,91	33,86
20	36,13	36,10	36,12	36,11	36,12	36,13	36,10
21	38,13	38,09	38,12	38,10	38,11	38,13	38,09
22	39,73	39,71	39,74	39,72	39,72	39,74	39,71
23	42,28	42,26	42,29	42,26	42,27	42,29	42,26
24	45,76	45,76	45,80	45,77	45,77	45,80	45,76
25	50,06	50,06	50,10	50,07	50,07	50,10	50,06
26	55,98	55,98	56,02	55,99	55,99	56,02	55,98
27	56,70	56,70	56,74	56,71	56,71	56,74	56,70
28	71,81	71,80	71,83	71,81	71,81	71,83	71,80
29	109,25	109,28	109,29	109,28	109,27	109,29	109,25
30	114,67	114,70	114,69	114,69	114,69	114,70	114,67
31	115,55	115,55	115,57	115,57	115,56	115,57	115,55
32	121,72	121,71	121,71	121,71	121,71	121,72	121,71
33	122,55	122,58	122,57	122,58	122,57	122,58	122,55
34	123,02	123,01	123,03	123,03	123,02	123,03	123,01
35	127,87	127,86	127,88	127,88	127,87	127,88	127,86
36	128,79	128,76	128,78	128,78	128,78	128,79	128,76
37	130,87	130,87	130,87	130,88	130,87	130,88	130,87
38	140,66	140,66	140,68	140,67	140,67	140,68	140,66

As culturas florestais, como qualquer população natural, estão sujeitas a uma série de fatores ecológicos que, direta ou indiretamente, podem afetar o crescimento das árvores, a produção de madeira, carvão e celulose. Esses fatores podem ser divididos em abióticos e bióticos. Outras importantes contribuições são as perturbações causadas pela ação do fogo e da chuva, gerando muitas das vezes em espécies do gênero *Eucalyptus* um bolsão de material fenólico.

RMN de ^{13}C

Neste trabalho foi avaliado o perfil espectral de carbonos por RMN de ^{13}C dos extratos ciclohexanos, visto que

os demais extratos (acetato de etila e metanólico) apresentaram-se pouco solúveis em solventes deuterados comuns, dificultando a aquisição dos espectros e sua interpretação. Outro fato relevante foi que o extrato ciclohexano preservou quantitativamente a mesma relação em todas as regiões estudadas.

Os dados espectroscópicos de RMN de ^{13}C foram definidos segundo as regiões dos espectros: alifática (0 a 55 ppm), olefínicas e aromáticas (110 a 155 ppm) e carbonílicas e acílicas (155 a 220 ppm).

As Tabelas 3, 4 e 5 apresentam o perfil espectral comum para a espécie *E. grandis* de cada região da madeira

(alburno, zona de transição e cerne). O alburno e o cerne foram as regiões que apresentaram as maiores faixas de deslocamento químico, enquanto a zona de transição a menor. Esse resultado é esperado, visto que é na região da zona de transição que novos metabólitos são formados. Portanto, ao fazer a caracterização da madeira para a espécie *E. grandis* é recomendado que dê preferência às zonas com maiores faixas de deslocamento químico (ppm) referentes ao alburno e ao cerne, tendo assim maior precisão no processo de identificação.

Os espectros dos extratos ciclohexano da região do alburno mostraram que os indivíduos 1 e 2 das áreas I e II apresentaram similaridade, revelando também que a qualidade das absorções de ^{13}C (impressão digital do extrato ciclohexânico) compõe alta concentração na região alifática (C, CH, CH_2 e CH_3), pouca concentração de carbonos olefínico, e ausência de sinais de carbonos de carboidratos na região entre 80 ppm a 110 ppm. Uma relação próxima entre os deslocamentos químicos dos extratos ciclohexano foi encontrada, permitindo a obtenção de uma média, ficando esta como o deslocamento representativo. As madeiras dos indivíduos estudados mantiveram, na maioria, as mesmas características espectrais, não ocorrendo alteração quanto à origem genética e ecológica (Tabela 3).

As absorções de ^{13}C nos espectros dos extratos ciclohexano da zona de transição revelaram diferenças mínimas com relação ao alburno, com grande concentração de absorções na região alifática, embora em um número menor, confirmando o seu *status* de transição entre alburno e cerne (Tabela 4).

Os espectros dos extratos ciclohexano da região do cerne foram considerados os mais representativos para o estudo de identificação de clones de *E. grandis*, primeiro pelo número de sinais de ^{13}C existentes, significando uma variedade de carbonos em termos de constituintes químicos, além da presença de carbonos aromáticos na faixa entre 100 e 140 ppm (Tabela 5) (Figura 1).

Valores discrepantes de deslocamentos químicos foram encontrados entre os espectros dos extratos ciclohexano dos indivíduos nas regiões (alburno, zona de transição e cerne), essas diferenças podem estar relacionadas às baixas concentrações de alguns extratos ao tempo de aquisição dos espectros, aos fatores genéticos e aos fatores ambientais.

Nem todos os indivíduos apresentaram sinais característicos de carbonila/acila como um sinal identificador. Tais sinais foram identificados apenas: zona de transição (Indivíduo 1, área I); zona de transição e cerne (Indivíduo 2, área I); e alburno, zona de transição e cerne (Indivíduo 2, área II).

Por se tratar de um estudo de clones (indivíduos geneticamente idênticos), essas diferenças foram desprezadas como ferramenta de identificação para espécie.

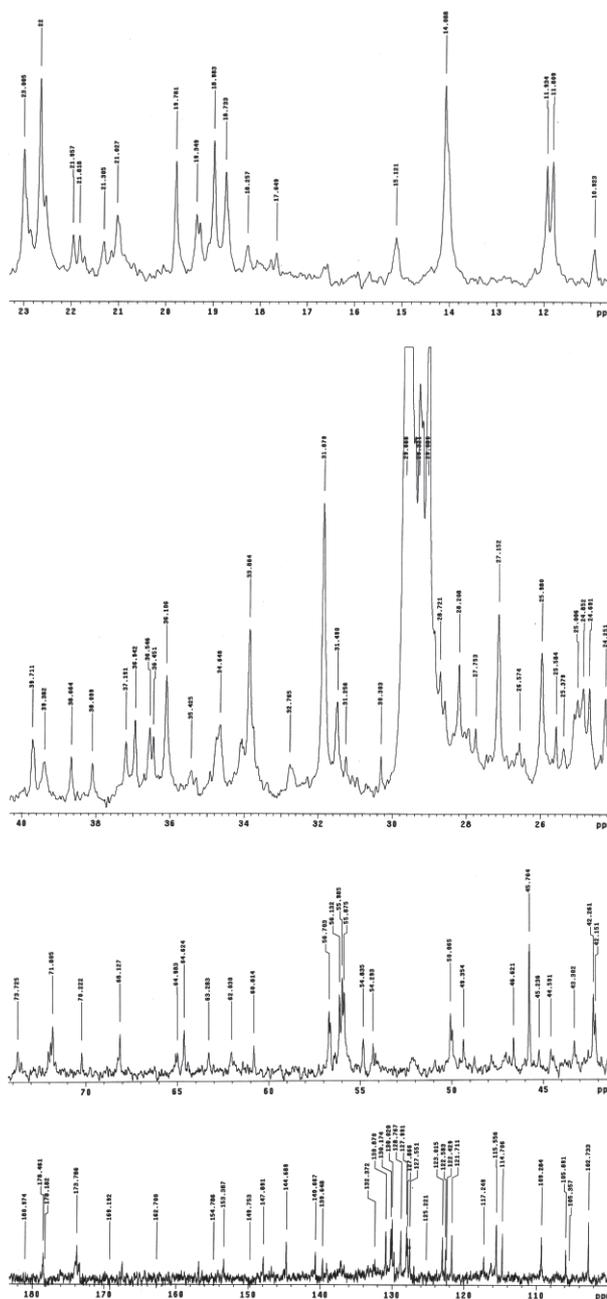


Figura 1 - Espectros de RMN de ^{13}C (CDCl_3) do extrato ciclohexano do cerne de *E. grandis*.

CONCLUSÕES

Os dados espectroscópicos de RMN de ^{13}C mostraram que os espectros dos extratos ciclohexano do cerne foram considerados os mais representativos para o estudo de identificação de madeiras dos clones de *E. grandis*, devido ao número de sinais existentes, quando comparados com os espectros do alburno e da zona de transição. Os sinais dos espectros dos extratos da zona de transição coadunam com a hipótese que a zona de transição encontra-se representada por uma dinâmica

de mudança bioquímica e fisiológica entre o alburno e o cerne. Neste sentido, foi possível identificar o perfil espectral comum para a espécie *E. grandis* de cada região (alburno, zona de transição e cerne). Esses perfis espectrais deverão ser considerados de natureza específica para a espécie e funcionarão como uma ferramenta nos processos de identificação da madeira. Com esse estudo, novos perfis poderão ser traçados para diferentes espécies de *Eucalyptus*.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, pelo apoio financeiro através da concessão de bolsa do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais da UFRRJ, à Aracruz Florestal, em nome do Dr. Robert Sartório, pela cessão das amostras, ao Laboratório de Ressonância Magnética Nuclear da UnB, pelos registros dos espectros de RMN ¹³C; e a FAPERJ, pelo apoio financeiro para a aquisição de material.

REFERÊNCIAS

- Breitmaier E & Voelter W (1987) Carbon-13 NMR Spectroscopy: high resolution methods and applications in organic chemistry and biochemistry, 3rd ed. New York, VCH Publishers. 400 p.
- Calixto JB (2001) Medicamentos Fitoterápicos. In: Yunes RA, Calixto JB (Eds.) Plantas medicinais sob a ótica da química medicinal moderna. Santa Catarina, Campus Chapecó, Argos-Ed. Universitária UNOESC. p. 297-315.
- Cienfuegos F& Vaitsman D (2000) Análise instrumental. Rio de Janeiro, Interciência. 606 p.
- Evans WC (1991) Farmacognosia, 13 ed. Mexico, Nueva Editorial Interamericana. 453 p.
- Gottlieb OR & Yoshida M (1989) Natural Products of Woody Plants. In: Rowe JW (Eds.) Chemicals Extraneous to the lignocellulosic Cell Wall. Berlin, Springer Verlag. p. 439-511.
- Gouinguéné SP & Turlings TCJ (2002) The effects of abiotic factors on induced volatile emissions in corn plants. *Plant Physiology*, 129:1296-1307.
- Harbone JB (1994) The flavonoids advances in research since 1986. London, Chapman & Hall. 611p.
- Lambert JB & Mazzola EP (2003) Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy: An Introduction to Principles, Applications, and Experimental Methods. New Jersey, Pearson Education. 357 p.
- Larcher W (2000) Ecofisiologia vegetal. São Carlos, Rima Artes e Textos. 531p.
- Lepage ES (1986) Química da Madeira. In: Lepage ES (Ed.) Manual de preservação de madeiras. São Paulo, IPT. p. 69-97.
- Mora AL & Garcia CH (2000) A cultura do eucalipto no Brasil. São Paulo, SBS. 112p.
- Oliveira JTS & Della Lúcia RM (1994) Teores de extrativos de 27 espécies de madeiras nativas do Brasil ou aqui introduzidas. Viçosa, MG, Sociedade de investigações Florestais. 5p. (Boletim Técnico).
- Oliveira JTS, Souza LC, Della Lúcia RM & Júnior WPS (2005) Influência dos Extrativos na Resistência ao Apodrecimento de seis Espécies de Madeira. *Árvore*, 29: 819-826.
- Ribeiro Júnior I R (2001) *Análises estatísticas* no SAEG. Viçosa, UFV. 301 p.
- Ruy OF (1998) Variação da qualidade da madeira em clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake da Ilha de Flores, Indonésia. Dissertação. Piracicaba, Escola Superior de agricultura "Luiz de Queiroz". 69p.
- Santos RF & Carlesso R (1998) Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2:287-294.
- Silva JC, Assis TF & Oliveira JT (2003) Melhoramento genético para a qualidade da madeira. *Revista da madeira*, 75: 47-51.
- Simões CMO & Spitzer V (1999) Óleos voláteis. In: Simões CMO et al. (Eds.) Farmacognosia: da planta ao medicamento. Porto Alegre/Florianópolis, Universidade/UFRGS/Ed. p. 387-415.
- Vitti AM & Brito JO (1999) Produção de óleo essencial de eucalipto. *IPEF- NOTÍCIAS*, 23:11.