

Recuperação de áreas degradadas com florestamento de Araucária angustifolia

Roberto Naime¹, Ana Cristina Garcia²

¹Doutor, Professor do Curso de Engenharia Industrial ICET/FEEVALE e do Departamento de Engenharia Civil, FENG/PUCRS
E-mail: rnaime@feevale.br;

²Mestre, Professora do Curso de Engenharia Industrial ICET/FEEVALE
E-mail: anagarcia@feevale.br

Resumo

A necessidade de recuperação das áreas degradadas e a escassez da madeira, num contexto em que se torna obrigatório o emprego de conceitos de sustentabilidade ambiental, torna importante conhecer a capacidade de regeneração natural das florestas ombrófilas mistas, através de uma de suas principais espécies. O presente trabalho compreende o estudo da regeneração natural em florestamento de Araucaria angustifolia, utilizando uma área de pesquisa na localidade de Linha do Bugre Morto, no município de Pontão, RS. É feita uma análise das possibilidades de extração de madeira dentro de técnicas que possibilitem obter alternativas de renda na propriedade, com a regeneração das matas nativas, visando a um aproveitamento ótimo dos recursos naturais existentes.

Palavras-chave

Regeneração, Araucaria angustifolia, sustentabilidade.

Abstract

The regeneration of degraded areas and the missing of wood, in a context that may be necessary to assume environmental sustainable, made important to know the natural regeneration capacity of mixed Ombrophile forests, by one of the main species. This work made the study of regeneration in forests of *Araucaria angustifolia*, in a place in Linha do Bugre Morto, Pontão town, RS. An analysis of possibilities of extraction of wood, using techniques that may be possible to gain new sources of production, with the regeneration of native forests, to obtain an optimum use of natural resources is made.

Key words

Regeneration, *Araucaria angustifolia*, sustainable.

Introdução

As estratégias de sustentabilidade ambiental buscam compatibilizar as intervenções antrópicas com as características dos meios físico, biológico e socioeconômico, minimizando os impactos ambientais.

A própria Constituição Federal, em seu artigo 174, prevê que o Estado seja o regulador das atividades econômicas, promovendo o desenvolvimento equilibrado entre produção e conservação ambiental (Brasil, 1988).

Este trabalho busca trazer uma contribuição sobre o tema de regeneração natural em florestamento de *Araucária angustifolia*, através de um estudo de caso em uma propriedade situada na Linha Bugre Morto, no município de Pontão/RS.

O esquema de localização da área pode ser visto na Figura 1.

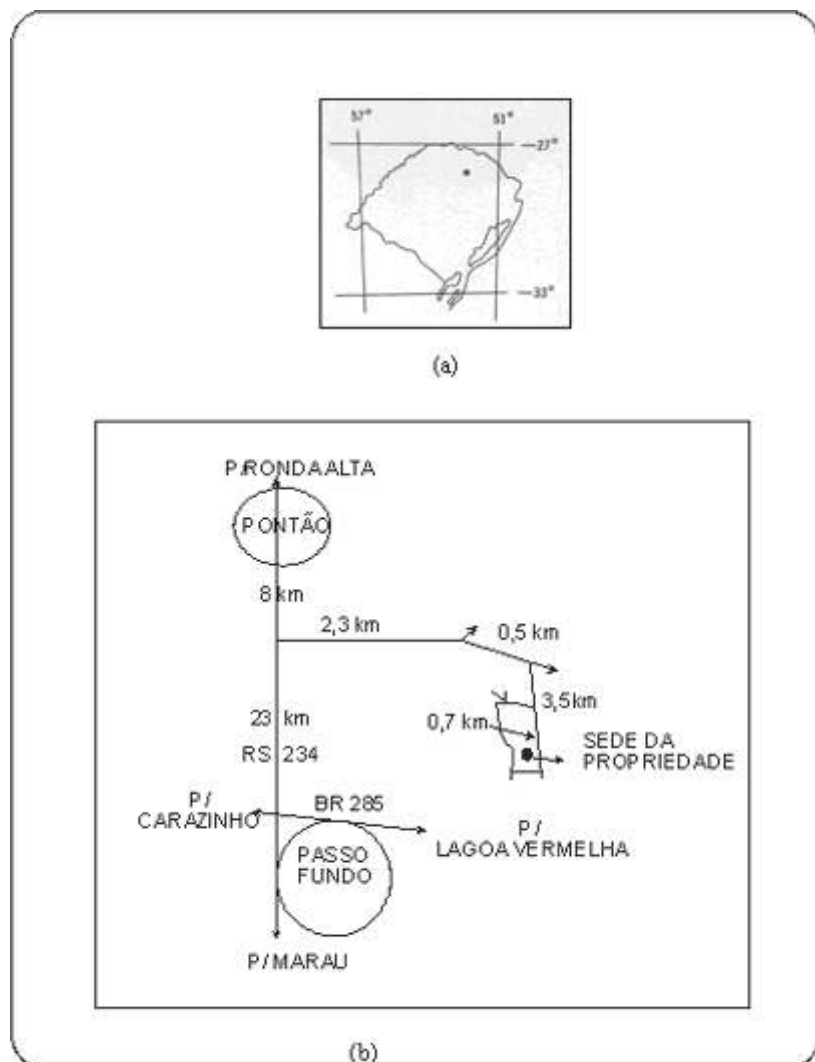


Figura 1 Área: localização(a); situação (b).

A utilização da madeira nativa sempre gerou conflitos entre os diversos atores envolvidos, incluindo madeireiros, governo, ambientalistas, mídia e sociedade. A luta pela preservação das florestas naturais envolve o conhecimento técnico das situações envolvidas.

A *Araucaria angustifolia* é uma das espécies naturais mais valiosas pela diversidade de suas aplicações, sendo muito cobiçada por possuir fuste retilíneo e excelentes propriedades físico-mecânicas. Também é conhecida como pinheiro brasileiro ou pinheiro do Paraná, e existe apenas no Brasil e em pequenas áreas da Argentina e do Paraguai.

O corte indiscriminado desta espécie fez com que a *Araucaria angustifolia* passasse a constar na lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção, estando protegida por lei (Resolução CONAMA 278).

Revisão bibliográfica

O valor de um imóvel está associado a sua capacidade de produzir renda. Assim, o potencial econômico das florestas nativas está diretamente ligado ao valor da propriedade. Mas para a efetivação desta premissa de maneira socialmente responsável, é necessário desenvolver estudos e ações para promover o desenvolvimento sustentável, utilizando o recurso natural dentro de um contexto preservacionista.

A implantação de florestamentos com *Araucaria angustifolia* gera renda e contribui para a preservação da espécie. Estes florestamentos têm finalidades múltiplas, atendendo aos aspectos ecológicos e econômicos, contribuindo para a preservação das espécies nativas e proteção à biodiversidade, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida nas propriedades e nas comunidades locais e regionais.

As florestas ombrófilas mistas recebem a denominação popular de pinhal ou pinheira, estando implícito o reconhecimento da importância fisionômica que a *Araucária* empresta para as florestas. Isto se deve a sua densidade e seu porte. As araucárias são coníferas com copas corimbiformes, que constituem estratos emergentes e contínuos nas formações maduras. Sob estes estratos, encontra-se uma grande variedade de espécies, cuja composição e estrutura variam conforme os estágios sucessionais e as regiões de ocorrência (Klein, 1975).

A floresta ombrófila mista no sul do Brasil tem sido objeto de minuciosas descrições (Rambo, 1942), abordagens florísticas e fitogeográficas (Rambo, 1949, 1951, 1953, 1956 e 1957); fitossociológicos (Longhi, 1980, Silverston e Longhi, 1988), e da dinâmica de sucessão e regeneração (Klein, 1960 e 1975). Estes estudos formam a base para o entendimento da ecologia da floresta ombrófila mista.

No Paraná, a Araucária está geralmente associada com a imbuia (*Ocotea porosa*) e com a sapopema (*Sloanea monosperma*), que dominam o estrato imediatamente abaixo das copas de Araucária. No sub-bosque ocorrem cedros (*Cedrela fissilis*), erva-mate (*Ilex paraguaiensis*), congonha (*Ilex theezans*), guaçatunga (*Casearia decandrea*), carne de vaca (*Styrax leprosus*) e diversos tipos de Myrtaceae são comuns nos agrupamentos mais evoluídos.

Em Santa Catarina, a composição florestal é mais variada, predominando a companhia da imbuia, a norte (*Ocotea porosa*) e da canela lageana, a sul (*Ocotea pulchella*) (Klein, 1975).

No Rio Grande do Sul, a maioria dos dados disponíveis refere-se a uma faixa que acompanha a borda oriental do planalto. Nas formações atuais melhor conservadas, as Araucárias são encontradas com canela lageana (*Ocotea pulchella*), canela guaicá (*Ocotea puberula*), com a ocorrência de Myrtaceae no sub-bosque.

Foerster (1973) e Petit (1969) já destacam que o estudo da regeneração natural é fundamental na preparação dos planos de manejo florestal, podendo identificar se a vegetação adequa-se às medidas de transformação.

O uso racional das florestas vem sendo defendido por ambientalistas e ecólogos, como forma de garantir a conservação da biodiversidade (Brown e Lugo, 1990; Lugo, 1997). Por outro lado, poucas informações confiáveis têm sido levantadas a respeito da regeneração das florestas ombrófilas mistas no sul do Brasil. Trabalhos recentes, como o de Melo et al. (2002), têm abordado este tema.

Assim, torna-se importante acompanhar os processos de regeneração natural em florestas expostas a manejo, visando à investigação de espécies que possam promover incremento na produção vegetal, em sintonia com metas de desenvolvimento auto-sustentável e integrado.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é subtropical do tipo "Cfa", que se caracteriza por distribuição de chuvas ao longo de todo ano e temperatura anual de 18°C. Na região, dados da Embrapa de Passo Fundo para o ano de 2002 indicam precipitação pluviométrica média de 220mm, umidade relativa do ar de 76% e insolação média anual de 5,87h/dia.

Os solos da região, conforme Lemos et al. (1973) são classificados dentro da unidade Passo Fundo, constituindo latossolos vermelho escuros, distróficos, com textura argilosa, de relevo ondulado e substrato de rocha basáltica. A maior parte dos solos tem profundidade inferior a 3, com horizonte B bem drenado, sem pedregosidade.

Materiais e métodos

Em uma área de regeneração natural em florestamento de *Araucaria angustifolia*, foram distribuídas 15 unidades amostrais. Cada unidade tem forma retangular, com 2m de largura por 10m de comprimento, perfazendo uma área de 20m². As unidades

amostrais foram distribuídas em 3 seqüências ao longo do florestamento, representando aproximadamente 2% da área florestada, sendo os limites das unidades amostrais demarcados no campo com 4 estacas numeradas de 1 a 15, para perfeita visualização e operacionalização das amostragens.

No interior das áreas amostradas, foram identificadas (através do nome comum) todas as espécies em regeneração integrantes da unidade, não importando o tamanho. Posteriormente foi realizada a identificação botânica do nome científico e da família (Glufke, 1999; Joly, 1976; Longhi, 1980, 1988, 1996 e 1997; Lorenzi, 1998 e 2002; Teixeira, 1991).

As árvores foram mensuradas através de cubagem estimada pela determinação de parâmetros, como altura e perímetro de cada indivíduo.

A Figura 2 apresenta um croqui do sistema de amostragem utilizado.

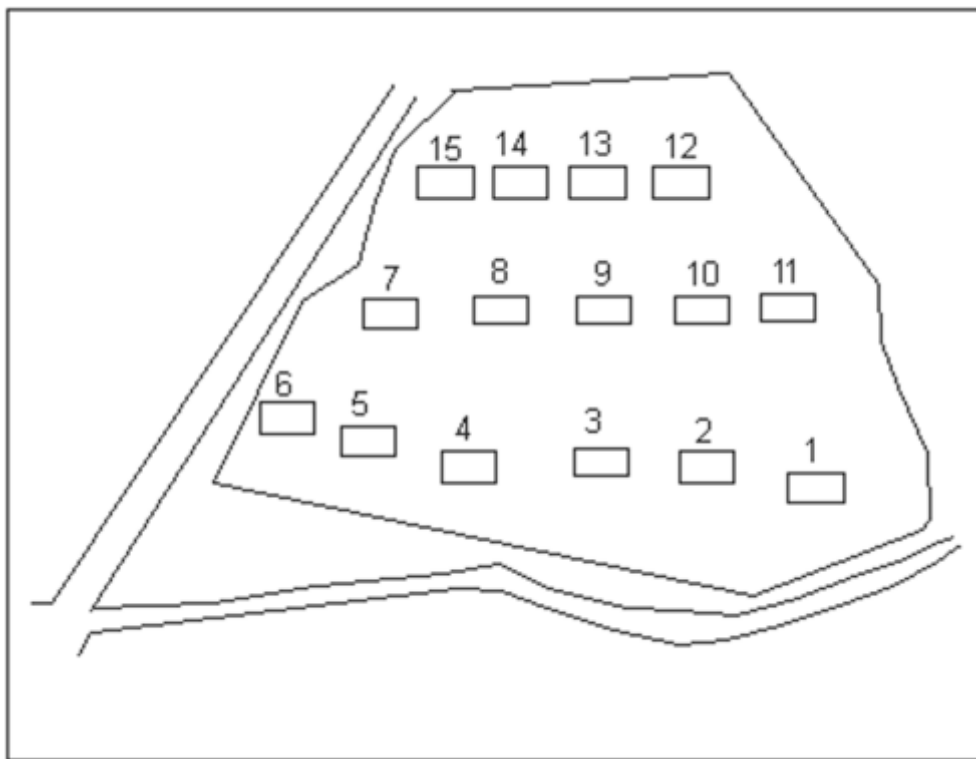


Figura 2- Croqui do sistema de amostragem utilizado.

Após os trabalhos de campo, com a identificação e contagem das espécies, foram realizados os tratamentos estatísticos e a análise e interpretação dos resultados.

Resultados e discussão

A análise dos resultados coletados com as descrições de campo está apresentada nas tabelas a seguir. Na primeira são apresentadas as plantas por amostra, e espécies por amostra (tabela 1). A seguir, são apresentados os resultados para *Araucaria angustifolia* (tabela 2).

Tabela 1 - Plantas por amostra e espécies por amostra.

Indicador	Média (um)	Desvio- Padrão	Coefficiente de Variação (%)	Variância da média
Plantas por amostra	25,8	10,5	40,8	2,7
Espécies por amostra	10,6	2,4	22,8	0,6

Tabela 2 - Resultados estatísticos para *Araucaria angustifolia*.

Indicador	Média (m ³ /ha)	Desvio- Padrão	Coefficiente de Variação (%)	Variância da média
<i>Araucaria angustifolia</i>	367,0	65,9	17,9	16,8

Na análise da *Araucaria angustifolia*, o erro amostral é de 8%, com intervalo de confiança de 90%, entre 337 e 396m³/ha.

No levantamento, foi constatada a presença de 31 espécies florestais arbóreas diferentes, pertencentes a 17 famílias botânicas representadas nas amostras de 300m² realizadas, conforme as tabelas 3, 4 e 5 abaixo.

Tabela 3 - Relação das espécies florestais encontradas na regeneração da mata de Araucária.

Código	Nome comum	Nome Científico	Família
01	Açoita cavalo	<i>Lucea divaricata</i>	Tiliaceae
02	Amoreira	<i>Morus nigra</i>	Moraceae
03	Araticum	<i>Rollinia sp</i>	Annonaceae
04	Aroeira Vermelha	<i>Schinus terebinthifolis</i>	ANacardiaceae
05	Branquilho	<i>Sebastiania schottiana</i>	Euphorbiaceae
06	Bugreiro	<i>Lithraea brasiliensis</i>	Anacardiaceae
07	Camboatá branco	<i>Matayba elaeagnoides</i>	Sapindaceae
08	Camboatá vermelho	<i>Cupania vernalis</i>	Sapindaceae
09	Cambuim	<i>Myrciaria tenella</i>	Myrtaceae
10	Canela amarela	<i>Nectandra lanceolata</i>	Lauraceae
11	Canela gualcá	<i>Ocotea puberula</i>	Lauraceae
12	Canela preta	<i>Nectandra megapotamica</i>	Lauraceae
13	Capororoca	<i>Rapanea lorentziana</i>	Myrsinaceae
14	Caroba	<i>Jacarandá micrantha</i>	Bignoniaceae
15	Chá de bugre	<i>Casearia silvestris</i>	Flacourtiaceae
16	Chal-chal	<i>Allophylus edulis</i>	Sapindaceae
17	Espinheira Santa	<i>Pachystroma longifolium</i>	Euphorbiaceae
18	Esporão de galo	<i>Strychnos brasiliensis</i>	Loganiaceae
19	Fumo bravo	<i>Solanum verbascifolium</i>	Solanaceae
20	Guajuvira	<i>Patagonula americana</i>	Boraginaceae
21	Guamirim	<i>Myrcia bombycina</i>	Myrtaceae
22	Guaperê	<i>Lamanonia speciosa</i>	Cunoniaceae
23	Juvevé	<i>Fagara kleinii</i>	Rutaceae
24	Laranjeira	<i>Citrus sp</i>	Rutaceae
25	Leiteiro	<i>Sapium longifolium</i>	Euphorbiaceae
26	Mamica de cadela	<i>Fagara rhoifolia</i>	Rutaceae
27	Pessegueiro bravo	<i>Prunus sellowii</i>	Rosaceae
28	Pitangueira	<i>Eugenia uniflora</i>	Myrtaceae
29	Uvaia	<i>Eugenia pyriformis</i>	Myrtaceae
30	Vacum	<i>Allophylus guaraniticus</i>	Sapindaceae
31	Vassoura vermelha	<i>Dodonaea viscosa</i>	Sapindaceae
32	Pinheiro brasileiro	<i>Araucaria angustifolia</i>	Araucariaceae

Tabela 4 - Abundância das espécies nas 15 unidades amostrais (conforme Códigos da tabela 3).

Espécie	UNIDADE AMOSTRA (conforme Figura 2)															TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1									2							2
2				1				2	1	3					2	10
3			5													5
4	2								2	1	1					6
5					1	3	1	3		1					1	10
6					1											1
7	2							1	3	1		4		1		12
8	4	2	4	2	1	1	1	10	3	3	1	3	1	1		37
9				1		2			3							6
10	3			2	1		2	2	5			3				18
11	12	4		2	2	1	8	4	4	6	1	3	2	3	2	54
12										2		2	1		2	7
13			2	2	2	1	3	6	8	1	2	1	1	6		35
14													1			1
15								4					1	1	4	10
16			1						3					1		5
17									1		1					2
18				1												1
19	1	2	1		1		1			1		1		1		9
20						1										1
21	1										2		2	1	1	7
22								2								2
23	2															2
24						1										1
25	2		1			1	2	1		1	2	2				12
26				1	1	1		2		1		2	1		3	12
27		1	1			1		1	2	4		3	5	4		22
28								1						2		3
29	1			2			1	1	1			2	1	1		10
30	30	4	4	4	3	5	2	11	2	6	9	9	10	7	2	84
31													1			1
	36	13	20	18	13	18	21	51	40	31	19	35	27	29	17	388

Não foram representadas em parcelas amostrais, mas foram constatadas a presença das espécies Flacourtiaceae Banara parviflora- (guaçatunga); da espécie Canellaceae Capsicodendron dinissi (pimenteira); da espécie Rhamnaceae, Hovenia dulcis (uva do Japão) e da espécie Aquifoliaceae, Ilex paraguayensis (erva-mate).

Em todas as análises de amostragens realizadas, foi observado grande número de plantas por parcela, variando de 13 a 51 mudas.

As famílias de maior riqueza de espécies foram Sapindaceae (camboatá branco, camboatá vermelho, vacuum, chal-chal e vassoura vermelha), Myrtaceae (guamirim, uvaia, camboim e pitangueira), seguidas de Lauraceae (canela, guaica, canela amarela e canela preta), Euphorbiaceae (leiteiro, branquilha e espinheira santa) e Rutaceae (jujevê e mamica de cadela). A família com maior número de indivíduos foi Sapindaceae (139), seguida de Lauraceae (79).

Tabela 5 - Frequência relativa das espécies florestais encontradas na regeneração da mata de Araucária (Códigos das espécies conforme tabela 3).

Código	Nome Comum	Frequência	Percentual (%)
01	Açoita cavalo	2	0,52
02	Amoreira	10	2,58
03	Araticum	5	1,29
04	Aroeira vermelha	6	1,55
05	Branquilha	10	2,58
06	Bugreiro	1	0,26
07	Camboatá branco	12	3,09
08	Camboatá vermelho	37	9,54
09	Cambuim	6	1,55
10	Canela amarela	18	4,64
11	Canela guaicá	54	13,92
12	Canela preta	7	1,80
13	Capororoca	35	9,02
14	Caroba	1	0,26
15	Chá-de-bugre	10	2,58
16	Chal-chal	5	1,29
17	Espinheira santa	2	0,52
18	Esporão de galo	1	0,26
19	Fumo bravo	9	2,32
20	Guajuvira	1	0,26
21	Guamirim	7	1,80
22	Guaperê	2	0,52
23	Juvevê	2	0,52
24	Laranjeira	1	0,26
25	Leiteiro	12	3,09
26	Mamica de cadela	12	3,09
27	Pessegueiro bravo	22	5,67
28	Pitangueira	3	0,77
29	Uvaia	10	2,58
30	Vacum	84	21,56
31	Vassoura vermelha	1	0,26
	TOTAL	388	100,00

As alturas das plantas variaram desde 0,1m até 6m, e o diâmetro das plantas maiores apresentam 6 a 10cm. Para a *Araucaria angustifolia*, é estimado um número de 500 árvores por ha, com a média já apresentada de 367,05 m³/ha. Constatou-se grande frutificação da Araucária, com abundante quantidade de frutos (pinhões) espalhados pelo chão ao redor das árvores. O pinheiro é ressaltado como produtor de madeira, porém a produção de suas sementes comestíveis não deve ser desprezada, pois tanto para a fauna, como para o próprio homem, o pinhão tem uma razoável importância na alimentação, durante o inverno, seu período de produção.

A região sul apresenta uma série de atributos para desenvolver técnicas adequadas de exploração de matas e recuperação de áreas degradadas. As condições de geologia, solo e clima são adequados ao desenvolvimento da *Araucaria angustifolia*, que pela sua história e importância econômica e ecológica, deve ser eleita como sendo a espécie nativa mais valiosa a ser empregada em florestamentos, reflorestamentos e recuperação de áreas degradadas. A geologia, expressa pela ocorrência de rochas vulcânicas basálticas integrantes da Formação Serra Geral, da bacia gondwânica do Paraná, produz os solos roxos, uma tipologia de latossolos ferruginosos muito apropriado para o desenvolvimento das Araucárias.

A Araucária induz o desenvolvimento de ambientes que proporcionam o surgimento espontâneo de vegetação nativa em diversos estágios sucessionais da floresta ombrófila, que são aquelas que precisam ser protegidas total ou parcialmente do sol para se desenvolverem, particularmente, nos estágios mais jovens. Também espécies sensíveis ao frio e a geadas ocasionais podem se desenvolver adequadamente sob a proteção das Araucárias, conforme demonstra o levantamento apresentado.

Com a utilização da Araucária, apenas nos chamados períodos de rotação de 8, 15, 22 e 30 anos, quando se retira somente os volumes de seu incremento, é possível orientar a derrubada, fazendo o controle do tamanho das clareiras e, desta forma, protegendo e estimulando a regeneração natural.

Desta maneira, ao final da rotação, pode ser estabelecida nova floresta, recuperando áreas degradadas.

Depois da última exploração, quando alguns exemplares de *Araucaria angustifolia* são preservados, com o raleamento seletivo da espécie, é estabelecido um novo equilíbrio florestal. Nesta condição, aumenta o espaço-solo, favorecendo o sistema radicular das espécies consorciadas, e amplia-se também o espaço-aéreo favorecendo a copa dos vegetais. Estes aumentos de espaço vão beneficiar os indivíduos em regeneração, que passarão a crescer num ritmo mais acelerado.

Neste momento, é oportuna a introdução de outras espécies não encontradas na regeneração, como forma de enriquecimento do ecossistema e da biodiversidade, visando proporcionar aumento do equilíbrio, da diversidade genética e da atração de fauna.

O enriquecimento pode ser feito com espécies de valor madeireiro, como o angico, o cedro, o louro e a grápia; espécies de valor ornamental, como primavera, corticeira do banhado, ipê amarelo, ipê roxo, guapuruvu e canafistula; espécies de valor alimentício como cerejeira, guabijú, sete-capotes, jaboticabeira e ingá, e até espécies medicinais, como pata de vaca e sete-sangria.

Conclusões

Foram encontradas 31 espécies florestais arbóreas, distribuídas em 17 famílias botânicas. A família que exerce o maior predomínio sobre a regeneração é a Sapindaceae, tanto pelo número de árvores, como pelo número de espécies.

A segunda família com o maior número de espécies é a Myrtaceae, porém em número de indivíduos é a Lauraceae.

As famílias Sapindaceae e Lauraceae são responsáveis por quase dois terços da regeneração natural.

Para a reparação ou recuperação de danos ambientais e áreas degradadas, os florestamentos com *Araucaria angustifolia* são recomendáveis. Quando são corretamente manejados, com técnicas de corte e regeneração, permitem também aumentar a renda nas propriedades em um contexto de desenvolvimento sustentável. Este trabalho analisou as espécies nativas encontradas de forma espontânea em florestamentos de Araucária angustifolia, analisando as possibilida-

des da formação de matas nativas a partir do plantio desta espécie, objetivando a reparação de danos ambientais e a recuperação de áreas degradadas.

A exploração florestal devastou grande parte das matas no Brasil. Os estudos integrados que levem ao desenvolvimento de conhecimentos, que possibilitem a recomposição de sistemas degradados é uma necessidade. Perdemos grande parte de nossas matas por não terem sido aplicadas tecnologias adequadas para a exploração. O manejo sustentado é a melhor maneira de garantir a preservação das espécies.

Conforme comprovam os levantamentos realizados e apresentados, a regeneração de áreas com a utilização de *Araucária angustifolia* é um indutor da recuperação integral de regiões de floresta degradadas, sendo uma das espécies mais recomendáveis para a regeneração florestal.

Referências bibliográficas

- BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.
- CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resolução n.º 278, de 24 de maio de 2001. Disponível em <http://www.mma.gov.br>. Acesso em 15/10/2004.
- FISCHER, G. R. Manejo sustentado de florestas nativas. São Paulo, 1987.
- GLUFKE, C. Espécies florestais recomendadas para recuperação de áreas degradadas. Porto Alegre: Fundação ZooBotânica, 1999.
- JOLY, A. B. Botânica: Introdução à taxonomia vegetal. 3.ed. São Paulo: Editora Nacional, 1976.
- LEMOS, R. C. Levantamento de Reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Boletim Técnico no 30. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. Recife, 1973.
- LONGHI, S. J. A estrutura de uma floresta natural de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O Ktze., no sul do Brasil. 1980. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 1970.
- LONGHI, S. J. Livro das árvores. Porto Alegre, L & PM, 1996.
- LONGHI, S. J. Nomenclatura de espécies florestais e ornamentais do Rio Grande do Sul. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1988.
- LONGHI, S. J. Agrupamento e Análise fitossociológica de comunidades florestais na sub-bacia hidrográfica do Rio Passo Fundo, RS. 1997. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 1997.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras. Manual de identificação e cultivo. v.1. Nova Odessa: Plantarum, 1998.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras. Manual de identificação e cultivo. v.2. Nova Odessa: Plantarum, 2000.
- MELO, E. F. R.; SEVERO, B. M. A.; KASPERAVICIUS, C. Flora de mata remanescente no Parque Natural Municipal SAGRISA, Pontão/RS. Convênio Universidade de Passo Fundo/ Prefeitura Municipal Pontão. Fundo Nacional do Meio Ambiente (Parte do Levantamento do Plano de Manejo). Universidade de Passo Fundo, 2002.
- TEIXEIRA, I. F. Espécies ornamentais nativas do Rio Grande do Sul. Santa Maria: UFSM/ CEPEF/ FATEC, 1991.

Análise do desempenho térmico de edificações: em busca de uma arquitetura mais sustentável

Ana Eliza Pereira Fernandes

Arquiteta, Especialista em Ciência da Computação (UCPel), Mestre em Arquitetura (UFRGS), Docente ICET/Feevale e PUCRS Centro Universitário Feevale, Campus II: RS 239, 2755 - Novo Hamburgo/RS Cep 93352-000 Fone: 51 5868800, ramal 8693

Resumo

Este trabalho buscou analisar o desempenho térmico de uma das edificações que constituem o projeto do Centro de Educação Profissional, a ser construído no município de Feliz, Rio Grande do Sul, Brasil. Para a realização deste estudo, foram utilizadas três ferramentas: a Carta Bioclimática de Givoni e as Tabelas de Mahoney (consideradas ferramentas tradicionais) e o software DEROB-LTH - Dynamic Energy Response of Building. Em uma primeira análise foram considerados os materiais e as técnicas construtivas especificados no projeto original. Posteriormente, foram propostas algumas alterações e 06 diferentes simulações foram realizadas, buscando verificar qual delas apresentaria o melhor desempenho do ponto de vista do conforto térmico. Através da análise dos resultados alcançados com as simulações, pôde-se confirmar que a proposta original, denominada Caso Base, foi a que apresentou os melhores resultados, sendo que também foi possível observar que o comportamento térmico desta edificação será melhor no inverno do que no verão. Os resultados e as análises alcançados com este estudo estão descritos a seguir.

Palavras-chave

Conforto térmico, escola, sustentabilidade.

Abstract

The increasing exigencies in relation of the quality of effluent to be lanced are made the studies and application of different technologies for the improvement of treatise systems. The removal of mayor compounds like Nitrogen and Phosphorus made rooted a good alternative because your high efficiency and low costs. There are few studies about the application of rooted in the pos-treatment of agro-industries effluents. By this way, this work made the characterization of the use of rooted in the pos-treatment throughout bibliographic revision. Inner in the agro industries are lacticines, tinned food, slaughter-house, frigorific and tanning. The action of rooted is symbiosis interaction with the plants and micro-organisms that transform the pollutants in nourishing that are absorbed by the roots of the plants. The pos-treatment with rooted is efficient over the previous removal of high index of organic compounds.

Key words

Thermal comfort, school, sustainability.

1. Arquitetura e sustentabilidade

A sustentabilidade caracteriza-se como um vasto campo que leva em consideração tanto os aspectos sociais, culturais, políticos e econômicos de um local, como os aspectos ambientais. Apesar deste enfoque ser relativamente novo para o setor da construção no Brasil, a sustentabilidade vem sendo estudada há algumas décadas em outros países.

Do ponto de vista ambiental, construir algo verdadeiramente sustentável começa com o uso de materiais naturais e, para ser verdadeiramente sustentável, um projeto deve alcançar um alto nível de independência energética (CHIRAS, 2000).

Captação e uso racional de água, energia proveniente de fontes renováveis com captação e uso racional, seleção de materiais menos impactantes ao ambiente com conseqüente minimização de perdas e reutilização, maximização da durabilidade da edificação e sistemas mais ecológicos de tratamento de resíduos, também são alguns dos aspectos que devem estar entre os esforços necessários na tentativa de se criar espaços mais sustentáveis para se viver. Deixar a natureza fazer o seu trabalho e usá-la como modelo e contexto são algumas estratégias que devem ser utilizadas na busca por processos mais regenerativos (LYLE, 1994). Assim, a questão a ser respondida é: será que a maneira como a arquitetura vem sendo produzida e os materiais que vêm sendo utilizados na sua produção estão buscando alcançar estes resultados?

Segundo SZOKOLAY (1997), muitos materiais utilizados no setor da construção são insustentáveis, gerando impactos no meio ambiente, já que se caracterizam pelo uso de recursos esgotáveis, além de uma alta energia incorporada, transformando os edifícios nos maiores contribuintes da deterioração ambiental. Como exemplos, o aço, com 10 kWh/kg; o cobre, com 16 kWh/kg; a fibra de vidro, com 49 kWh/kg; o alumínio, com 46-56 kWh/kg; e o PVC, com 80 kWh/kg. No momento da definição e especificação dos materiais que constituirão a edificação, é de fundamental importância especificar aqueles que respondem, da melhor forma possível, às principais premissas da sustentabilidade: baixa energia incorporada (no processo de fabricação), uso eficiente de fontes renováveis, baixa geração de poluição, natureza e reciclabilidade, produção através de indústrias ambientalmente responsáveis, produção local, não-toxicidade, durabilidade, estética e custo (CHIRAS, 2000).

Não há dúvida de que o novo milênio necessita de soluções que visem à coesão social com o desenvolvimento da economia local e à conservação dos recursos naturais. Os arquitetos possuem em suas mãos a grande responsabilidade de projetar, de uma forma mais sustentável, respeitando a natureza, sem danificar o planeta, buscando projetos que visem à permacultura¹.

¹ Permacultura= agricultura + permanente. Termo surgido na década de 1970, através dos australianos Bill Mollison e David Holmgren, cujo conceito caracteriza-se pelo desenvolvimento de projetos ambientais que utilizam métodos ecologicamente saudáveis, economicamente viáveis, que respondam às necessidades básicas, sem explorar ou poluir o meio ambiente, e que se tornem auto-suficientes em longo prazo. Entende-se que tanto o habitante, quanto a sua moradia e também o meio ambiente em que está inserido, fazem parte de um mesmo e único organismo vivo.

Como MOLLISON (1994) disse,

“Eu não acredito que as pessoas tenham percebido o que está acontecendo com o planeta Terra. O que está realmente acontecendo é alguma coisa que nós, seres humanos, somos pessoalmente responsáveis. Os sistemas reais que estão começando a entrar em colapso são os solos, as florestas, a atmosfera, os ciclos dos nutrientes”.

É tempo de mudanças urgentes. Este é o momento de se colocar em prática todas as teorias sobre sustentabilidade. É tempo de mostrar que é realmente possível produzir uma boa arquitetura, uma arquitetura que busque ser o mais sustentável possível. Afinal, como diz um provérbio africano: “Nós não somos os donos da Terra.

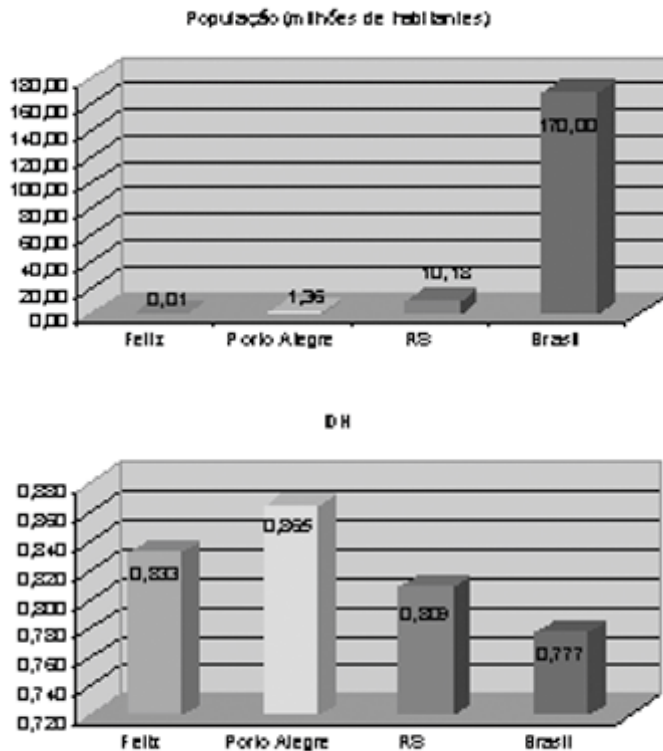
Nós estamos apenas cuidando da herança dos nossos netos”. Não há tempo a perder; que cada um comece, agora, a fazer a sua parte.

2. O objeto de estudo

Este trabalho foi desenvolvido na Universidade de Lund, na Suécia, e o objeto de estudo escolhido foi uma das edificações que constituem o projeto do Centro de Educação Profissional, cujo terreno localiza-se no município de Feliz, estado do Rio Grande do Sul. Situada há aproximadamente 85 km ao norte de Porto Alegre, a cidade de Feliz possui uma população em torno de 11.400 habitantes (IBGE, 2003) e apresenta um alto IDH Índice de Desenvolvimento Humano se comparado com os demais municípios brasileiros (Figuras 1, 2 e 3).



Figura 1 Mapa do RS com os municípios de Porto Alegre (1) e Feliz (2).
Fonte: Internet, adaptado pela AUTORA, 2003.



Figuras 2 e 3 População e IDH (Feliz, Porto Alegre, Rs e Brasil).
 Fonte: AUTORA, 2003.

O projeto em questão, aprovado pelo Ministério da Educação, foi desenvolvido por uma equipe de profissionais do Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação NORIE da Universidade Federal do Rio Grande do Sul que, juntamente com outros profissionais colaboradores, tiveram a tarefa de inserir conceitos sustentáveis ao mesmo. A obra, quando concluída, será administrada pela Fundação de Educação Profissional do Vale do Rio Caí, cujos membros são representativos de 20 municípios da região e atenderá, aproximadamente, a 2000 alunos dos municípios localizados ao redor daquele rio.

Conforme SATTLER (2003), o principal foco do projeto foi a preservação ambiental e a busca da sustentabilidade da região, através do estabelecimento de uma relação entre natureza e ser humano. Entre as diretrizes gerais e específicas que o projeto buscou contemplar, estão o uso eficiente dos recursos disponíveis, a definição de múltiplas funções para cada elemento proposto, a utilização da natureza como modelo e o respeito pela cultura local e pelas características sociais.

Localizado em um terreno amplo (Figura 4), o programa de necessidades caracteriza-se por salas de aula, laboratórios, auditório, biblioteca, bar, cozinha experimental, sanitários, administração, estufas, espaços abertos, entre outros ambientes, configurando uma área total de 3670 m² (Figuras 5, 6, 7, 8 e 9).



Figura 4 O terreno onde o projeto será implantado.
Fonte: GAUER, 2003.

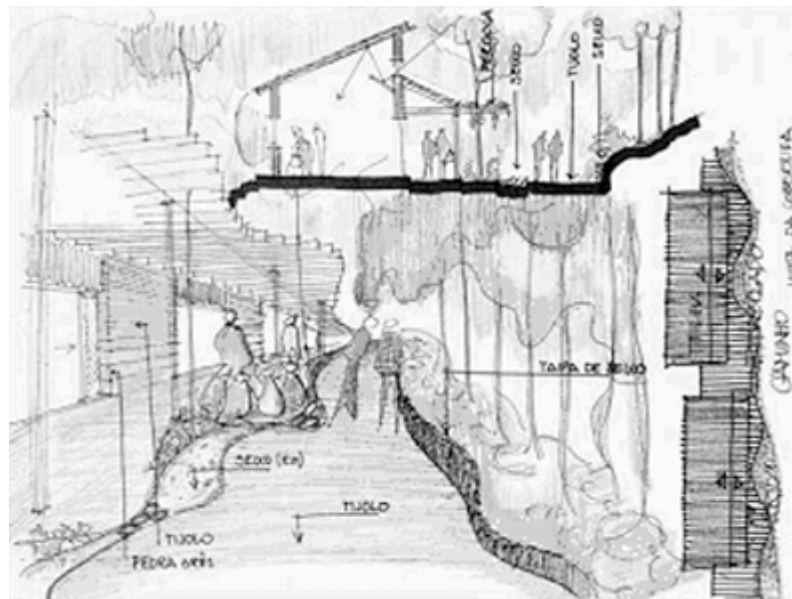


Figura 5 O Centro de Educação Profissional: espaços abertos "caminhos" buscando a integração do projeto com o meio ambiente.
Fonte: GAUER et al, 2003.

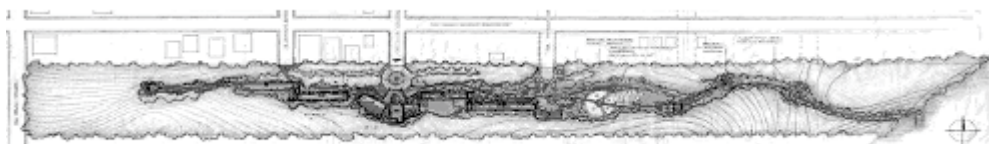


Figura 6 - O Centro de Educação Profissional: a implantação do projeto e a edificação analisada.
Fonte: GAUER et al, 2003.



Figuras 7, 8 e 9 Planta baixa, fachada e corte da edificação estudada.
 Fonte: GAUER et al, 2003.

3. O método

A avaliação do desempenho térmico do objeto de estudo foi realizada mediante a utilização de três diferentes ferramentas de análise: a Carta Bioclimática de Givoni, as Tabelas de Mahoney e o software DEROB-LTH. Inicialmente, os dados climáticos do município de Porto Alegre (Normais Climatológicas, 1961-1990) foram analisados através da utilização da Carta Bioclimática de Givoni para, posteriormente, serem analisados através das Tabelas de Mahoney (não foi possível a utilização dos dados climáticos do município de Feliz, devido à inexistência de informações completas). Em um terceiro momento, estes mesmos dados foram fornecidos ao software DEROG-LTH. Cada uma destas etapas será comentada a seguir.

3.1 CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI: as doze linhas existentes na carta representam o comportamento do clima do município, ao longo dos doze meses do ano, através do cruzamento de dados de temperatura do ar (bulbo seco) e umidade relativa. O polígono central (C) é denominado Zona de Conforto e os demais polígonos, em linhas tracejadas, referem-se às estratégias necessárias para se alcançar a Zona de Conforto (AC, ar condicionado; DH, desumidificação; EC, resfriamento evaporativo; H, aquecimento artificial; I, inércia térmica; IG, ganhos internos de calor; INV, alta inércia e ventilação noturna; V, ventilação). Com esta carta é possível verificar quais os períodos do ano que se encontram ou não em conforto térmico e quais as diretrizes de projeto que devem ser utilizadas na tentativa de se obter melhores resultados relacionados ao conforto térmico (Figuras 10 e 11).

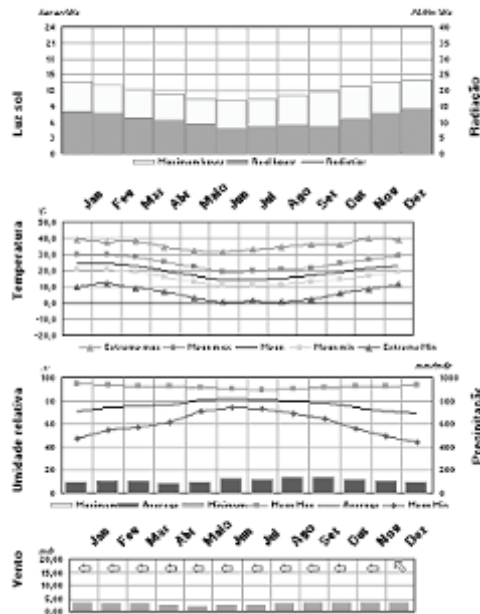


Figura 10 - Dados climáticos de Porto Alegre (1961-1990): horas de sol, temperatura, umidade relativa, precipitação, vento. Fonte: Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, 2003

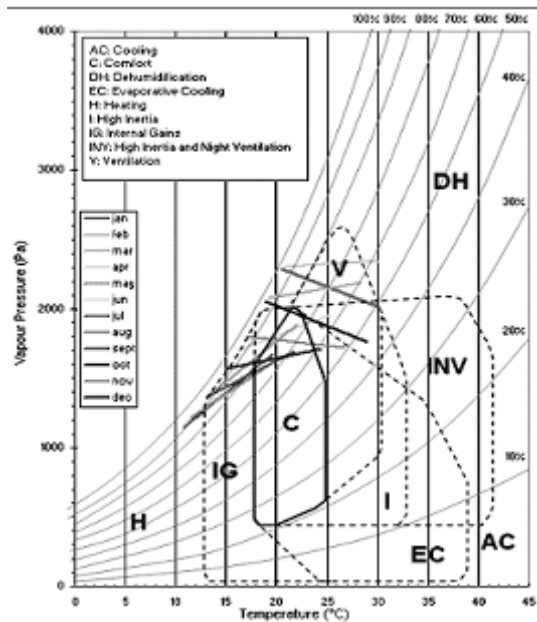


Figura 11 - Carta Bioclimática: a maior parte do ano localiza-se fora da Zona de Conforto, sendo fundamental o estudo de estratégias que alcancem um melhor desempenho térmico dos edifícios. Fonte: AUTORA, 2003

3.2 TABELAS DE MAHONEY: com esta ferramenta de análise, através dos dados climáticos, é possível obter recomendações gerais e específicas para o objeto de estudo em função do tipo de clima local, tornando possível verificar se estas recomendações são contempladas pelo projeto arquitetônico.

3.3 SOFTWARE DEROB-LTH: através do uso deste software (Figura 12), é possível modelar em três dimensões o objeto de estudo e verificar o comportamento térmico do edifício, através da realização de simulações. O software permite a alteração de algumas características do projeto, como os materiais utilizados (tipos, cores, propriedades e espessuras), a orientação (tanto solar como do vento), as superfícies (dimensões e formas) e os dispositivos de sombreamento. Por outro lado, apresenta algumas limitações relacionadas ao número de ambientes e superfícies que podem ser analisadas simultaneamente. Em função disso, foram realizadas simulações apenas no edifício destinado às salas de aula e aos laboratórios, pois foram considerados os espaços que, provavelmente, serão os mais utilizados pelos usuários (Figura 13).

Para realizar as simulações, foram criadas configurações específicas para as alvenarias, aberturas, cobertura e piso dos sete compartimentos modelados, que caracterizam o objeto de estudo (tabelas 1 e 2). Estes compartimentos foram nomeados (C01 a C07) e os parâmetros gerais considerados podem ser vistos nas tabelas 3 e 4, assim como a infiltração e os ganhos internos, relacionados àqueles períodos do dia em que acontecerão atividades.

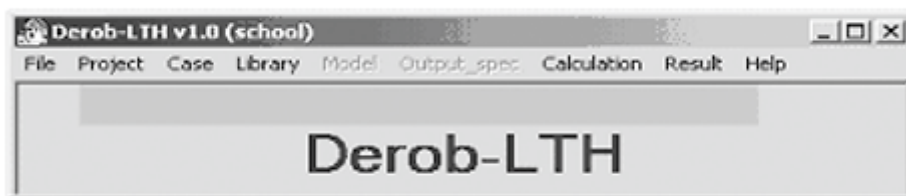


Figura 12 A tela de abertura do software DEROB-LTH.
Fonte: HASSE, 2003.

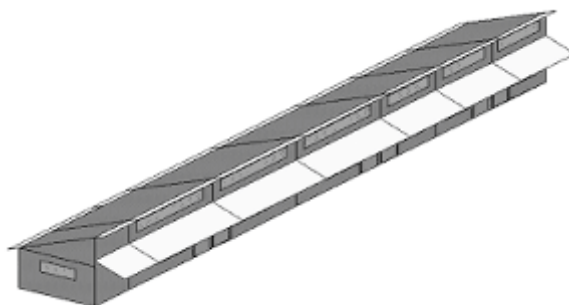


Figura 13 Os sete volumes modelados através do software DEROB-LTH.
Fonte: AUTORA, 2003.

Tabela 1 - Os materiais e os sistemas utilizados para modelar o objeto de estudo.
Fonte: AUTORA, 2003.

Componente	Materiais e sistemas	Espessura (mm)
Piso	Terra+areia+argamassa+cerâmica	500+10+20+3
Alvenaria externa	Tipo 01: tijolo+camada de ar+tijolo	100+50+100
	Tipo 02: tijolo+camada de ar+tijolo+reboco	100+50+100+25
	Tipo 03: tijolo+camada de ar+tijolo+argamassa+cerâmica	100+50+100+25+3
Alvenaria interna	Tipo 01: argamassa+tijolo+argamassa	25+200+25
	Tipo 02: argamassa+tijolo+argamassa+cerâmica	25+200+25+3
Cobertura	Telha+alumínio+camada de ar+forro em madeira	20+2+80+20
Porta	Madeira+camada de ar+madeira	10+20+10

Tabela 2 - Os materiais especificados no projeto: Caso Base.
Fonte: AUTORA, 2003.

Componente	Principais materiais do edifício
Alvenarias	Tijolos (sistema Eckert)
Pisos	Cerâmica
Janelas	Madeira e vidro
Forros	Madeira
Coberturas	Telha cerâmica

No cálculo dos ganhos internos, foi considerado o calor proveniente dos usuários (125 W por pessoa), das lâmpadas (06 W/m²) e dos equipamentos (150 W/m² por computador). Os valores foram os mesmos para os compartimentos 1, 2, 3, assim como para os compartimentos 4, 5 e 6. Durante o inverno, as aberturas foram consideradas fechadas, sendo considerada apenas uma pequena infiltração. Durante o verão, as aberturas foram consideradas fechadas apenas durante aqueles períodos sem atividades (das 12h às 14h e das 22h às 7h). Para este cálculo, foi utilizada uma fórmula estipulada por PUPPO, que considera a ventilação cruzada (tabelas 3 e 4).

Além do Caso Base, que considerou as especificações do projeto original, seis outros casos foram simulados, buscando verificar qual apresentaria os melhores resultados e, conseqüentemente, o melhor desempenho térmico. Entre os laboratórios (compartimentos 01, 02 e 03), o compartimento 01 foi o escolhido para a análise dos resultados, já que possui um número maior de alvenarias externas, e poderia desta forma, apresentar resultados menos satisfatórios. Entre as salas de aula estudadas (compartimentos 04, 05 e 06), o compartimento 05 foi o escolhido, já que se encontra entre outras duas salas de aulas, situação bem diferenciada em relação ao compartimento 01.

Tabela 3 - Os compartimentos analisados com os respectivos valores de infiltração e ganhos internos no inverno Caso 01. Fonte: AUTORA, 2003.

Período (h)	C01=C02=C03 Laboratórios		C04=C05=C06 Salas de aula		C07 Sanitário	
	Infiltração (ACH)*	Ganhos internos (W)**	Infiltração (ACH)*	Ganhos internos (W)**	Infiltração (ACH)*	Ganhos internos (W)**
01-06	0.5	0	0.5	0	0.5	0
07-11	0.5	1616	0.5	5578.5	0.5	1379.6
12-13	0.5	0	0.5	0	0.5	0
14-21	0.5	1616	0.5	5578.5	0.5	1379.6
22-24	0.5	0	0.5	0	0.5	0

*ACH = trocas de ar por hora ** W = watts

Tabela 4 - Os compartimentos analisados com os respectivos valores de infiltração e ganhos internos no verão Caso 01. Fonte: AUTORA, 2003.

Período (h)	C01=C02=C03 Laboratórios		C04=C05=C06 Salas de aula		C07 Sanitário	
	Infiltração (ACH)*	Ganhos internos (W)**	Infiltração (ACH)*	Ganhos internos (W)**	Infiltração (ACH)*	Ganhos internos (W)**
01-06	0.5	0	0.5	0	0.5	0
07-11	82.38	1616	78.6	5578.5	0.62	1379.6
12-13	0.5	0	0.5	0	0.5	0
14-21	82.38	1616	78.6	5578.5	0.62	1379.6
22-24	0.5	0	0.5	0	0.5	0

*ACH = trocas de ar por hora ** W = watts

Os resultados relacionados ao volume 7 não serão comentados, pois não foram considerados importantes, já que este volume caracteriza-se por ser o sanitário.

As seis simulações realizadas levaram em consideração as seguintes situações:

Caso 01: as janelas originais (vidro incolor, 4 mm) foram substituídas por janelas com vidro duplo e camada de ar (vidro incolor de 4 mm + camada de ar de 20 mm + vidro incolor de 4 mm).

Caso 02: as alvenarias externas originais (tijolo com 100 mm + camada de ar de 50 mm + tijolo com 100 mm) foram substituídas por um sistema convencional (tijolo de 250 mm, sem isolante térmico).

Caso 03: as alvenarias externas originais (tijolo com 100 mm + camada de ar de 50 mm + tijolo com 100 mm) foram substituídas por um sistema com isolante térmico (tijolo com 100 mm + lã mineral com 50 mm + reboco com 15 mm).

Caso 04: a cobertura original (telhas com 20 mm + alumínio com 02 mm + camada de ar com 80 mm + forro em madeira com 20 mm) foi substituída por uma cobertura simples (telha com 20 mm + forro em madeira com 20 mm).

Caso 05: a cobertura original (telhas com 20 mm + alumínio com 02 mm + camada de ar com 80 mm + forro em madeira com 20 mm) foi substituída por uma cobertura simples mas com isolante térmico (telhas com 20 mm + lã mineral com 50 mm + forro em madeira com 20 mm).

Caso 06: um caso misto; uma combinação entre os casos 01, 03 e 05.

Torna-se importante comentar que todos os casos foram simulados, tanto no verão, quanto no inverno. Como o clima característico do município de Feliz é o clima temperado, é fundamental que a edificação apresente um bom desempenho em ambas as estações. Junho e dezembro foram os meses escolhidos para a realização das simulações, pois são meses de atividades escolares.

4. Os resultados

4.1 CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI: analisando esta carta, foi possível verificar que apenas um pequeno percentual de dias localiza-se dentro da Zona de Conforto, o que significa que é necessário o uso de algumas estratégias de projeto para alcançar o conforto térmico. Segundo Givoni, para este caso, a estratégia mais importante a ser utilizada no verão é a ventilação e, no inverno, ganhos internos e massa térmica (Figura 11).

4.2 TABELAS DE MAHONEY: foi possível verificar que as recomendações obtidas através da análise destas tabelas foram contempladas pelo projeto original: orientação leste-oeste do eixo longitudinal do edifício, ventilação permanente, aberturas médias (20 a 40% do tamanho da fachada) orientadas para norte e sul, coberturas com isolamento térmico, entre outras.

4.3 DEROB-LTH: o uso desta ferramenta possibilitou verificar se outros sistemas construtivos poderiam apresentar um melhor desempenho térmico, do que aqueles descritos no projeto original - Caso Base. Apesar do software também permitir a alteração dos materiais de construção, foram mantidos aqueles especificados no projeto original, já que o edifício foi projetado levando em consideração o uso de materiais locais (uma das premissas da sustentabilidade, que visa a um menor impacto ambiental²). As simulações foram realizadas considerando a densidade populacional máxima das salas de aula (44 usuários em cada sala e 10 usuários em cada laboratório) e as janelas foram consideradas abertas durante o verão (apenas nos períodos em que haverá atividades na escola) e fechadas durante o inverno. Como o software não leva em consideração a iluminação natural, as lâmpadas foram consideradas acesas durante todo o dia.

² A atividade da construção civil altera o meio ambiente em que se vive, transformando a paisagem, sendo fundamental a busca por processos mais sustentáveis. Segundo MALIN (2000, p. 138), a sustentabilidade de um edifício inicia com a qualidade de seus materiais, medida pelo seu impacto no meio ambiente, considerando todo o seu ciclo de vida (extração, manufatura, construção, ocupação e decomposição). Entre os principais elementos a serem considerados, encontram-se a escassez da matéria-prima, os danos ecológicos causados pela extração da matéria-prima, o consumo de energia em todas as fases do edifício, o consumo de água e as emissões de gases prejudiciais.

SIMULAÇÕES - VERÃO:

Janelas: nesta simulação, a janela com um único vidro foi substituída por uma com vidro duplo, sendo mantido o tipo de vidro especificado. Pôde-se verificar que a janela com vidro duplo manteve a temperatura interna mais alta do que aquela com vidro simples (Figura 14).

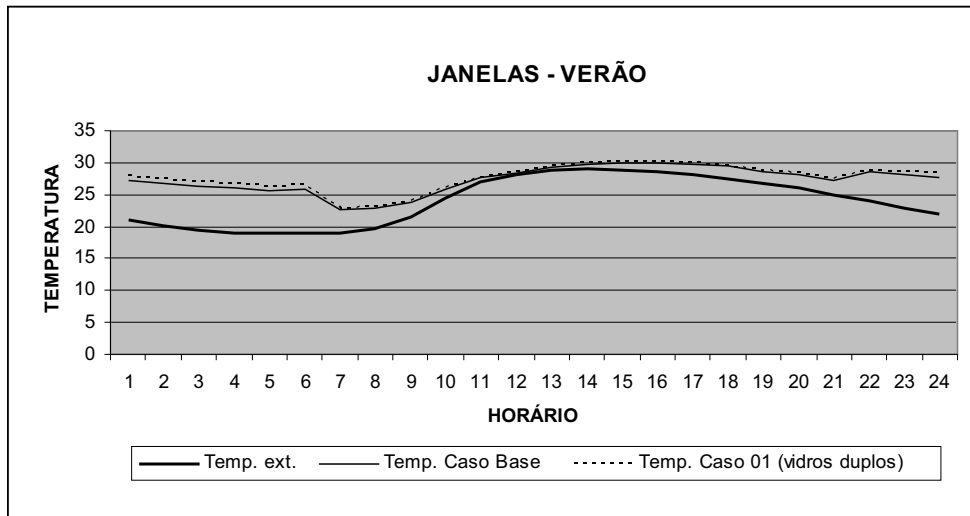


Figura 14 Desempenho das janelas no verão.
Fonte: AUTORA, 2003.

PAREDES:

Nesta simulação, as diferenças apresentadas foram muito pequenas e variaram de acordo com o período do dia. O Caso Base e o Caso 02 apresentaram desempenhos semelhantes durante quase todo o dia, e o Caso 03 alcançou o pior desempenho durante a tarde (Figura 15).

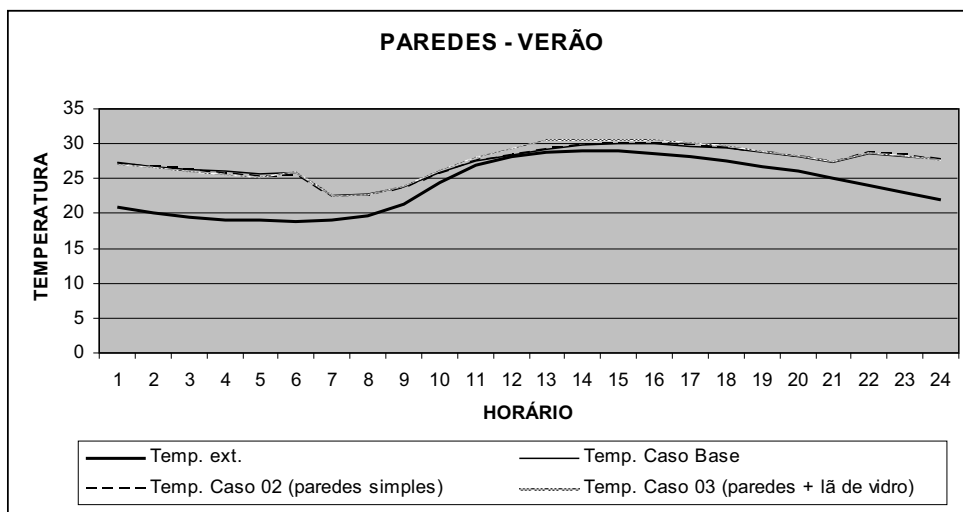


Figura 15 Desempenho das paredes no verão.
Fonte: AUTORA, 2003.

COBERTURA:

Foi possível verificar que o Caso 05 alcançou os melhores resultados durante quase todo dia, apesar das pequenas diferenças entre esta e os demais casos durante a manhã (Figura 16).

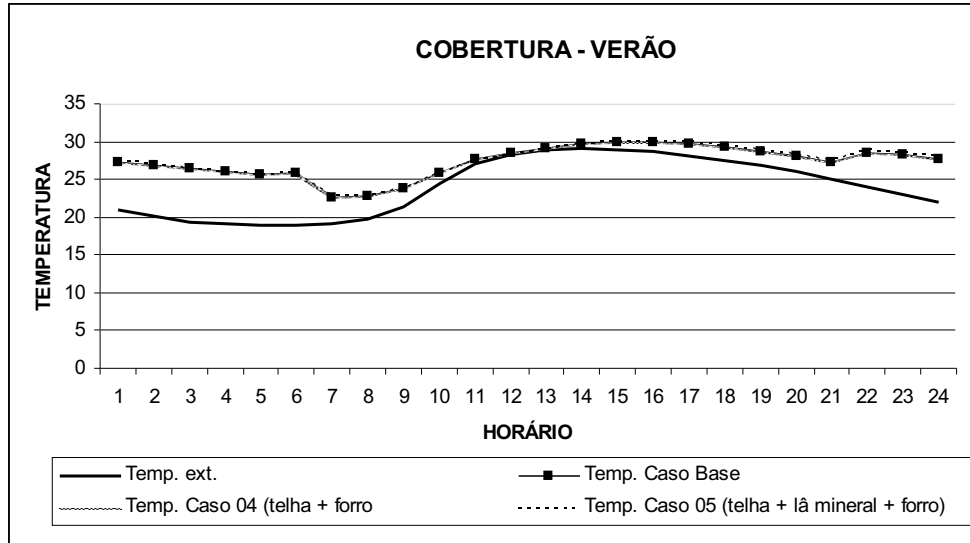


Figura 16 Desempenho da cobertura no verão.
Fonte: AUTORA, 2003.

SIMULAÇÕES - INVERNO:

Janelas: ambas as janelas obtiveram um bom desempenho térmico (Figura 17).

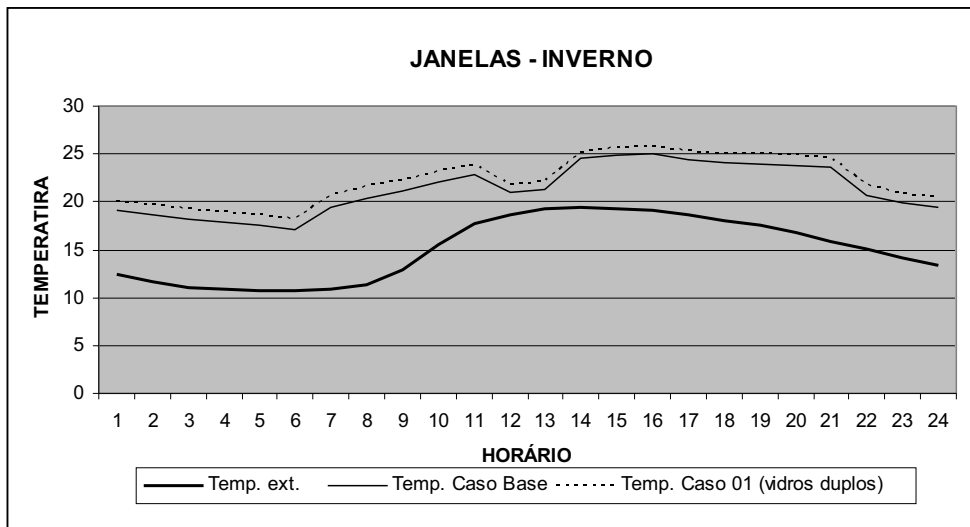


Figura 17 Desempenho das janelas no inverno.
Fonte: AUTORA, 2003.

PAREDES:

Nesta simulação, o Caso Base e o Caso 02 apresentaram resultados que estavam, na maior parte do tempo, dentro da Zona de Conforto (Figura 18).

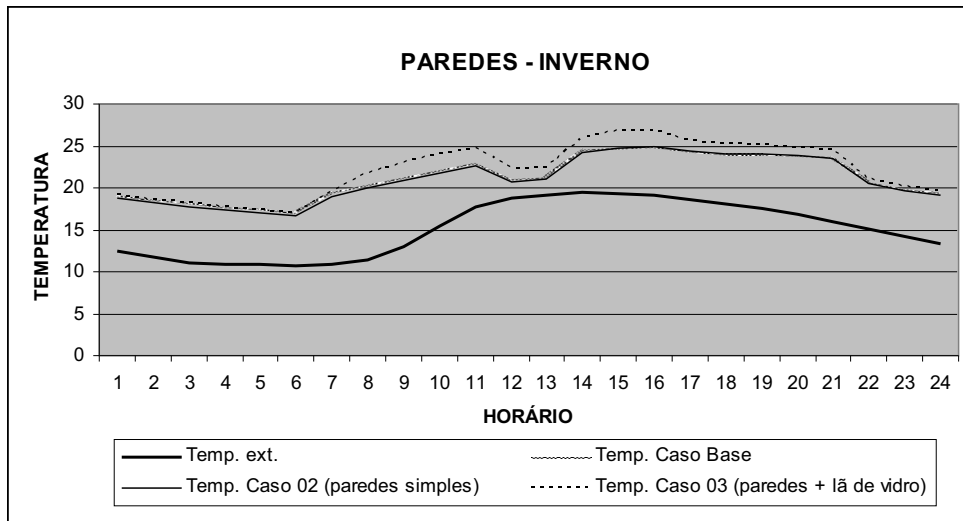


Figura 18 Desempenho das paredes no inverno.
Fonte: AUTORA, 2003.

COBERTURA:

O mesmo aconteceu com a cobertura, onde ambos os casos apresentaram resultados situados dentro da Zona de Conforto (Figura 19).

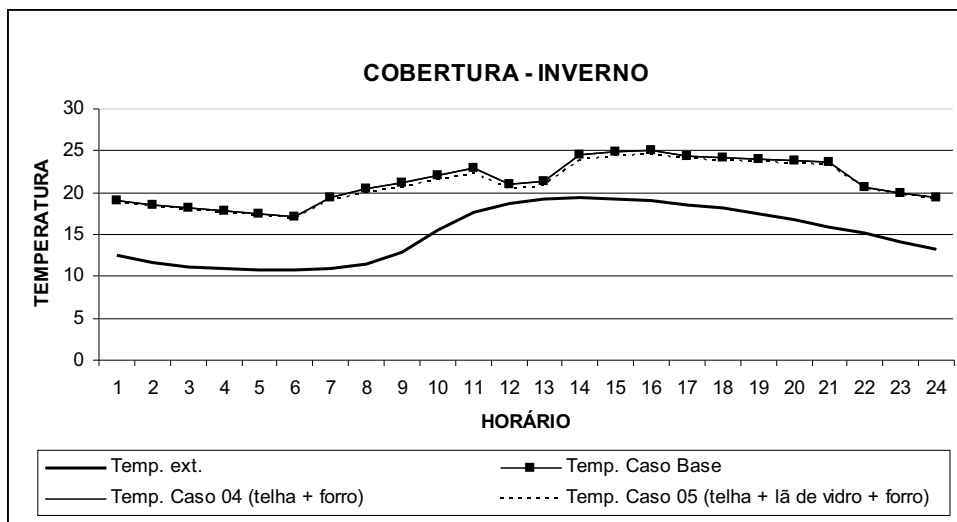


Figura 19 Desempenho da cobertura, no inverno.
Fonte: AUTORA, 2003.