

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO-PR

**ESPACIALIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE *Pinus taeda*
POR SORTIMENTO DE MADEIRA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ISAAC KISZKA SPONHOLZ

IRATI-PR

2012

ISAAC KISZKA SPONHOLZ

ESPACIALIZAÇÃO DA PRODUÇÃO *Pinus taeda* POR SORTIMENTO DE MADEIRA

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Florestal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Paulo Costa de Oliveira Filho
Orientador

D. Edilson Batista de Oliveira
Coorientador

IRATI-PR
2012

Catálogo na Fonte
Biblioteca da UNICENTRO

SPONHOLZ, Isaac Kiszka

S757e Espacialização da produção de *Pinus taeda* por sortimento de madeira
/ Isaac Kiszka Sponholz. – Irati, PR : UNICENTRO, 2012.

51f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Centro -
Oeste, PR. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais,
área de concentração em Manejo Florestal

Orientador: Prof. Dr. Paulo Costa de Oliveira Filho

Coorientador: Dr. Edilson Batista de Oliveira

1. Engenharia Florestal. 2. Geoprocessamento. 3. Sistema de
informação geográfica. I. Oliveira Filho, Paulo Costa de. II. Oliveira,
Edilson Batista de. III. Título.

CDD 20ª ed. 585.2



Universidade Estadual do Centro-Oeste

Reconhecida pelo Decreto Estadual nº 3.444, de 8 de agosto de 1997

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

PARECER

Defesa Nº 40

A Banca Examinadora instituída pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Florestais, do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Campus de Irati, após arguir o mestrando **Isaac Kiszka Sponholz** em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "Espacialização da produção de *Pinus taeda* L. por sortimento de madeira", é de parecer favorável à APROVAÇÃO do estudante, habilitando-o ao título de **Mestre em Ciências Florestais**, Área de Concentração em Manejo Sustentável de Recursos Florestais.

Irati-PR, 24 de agosto de 2012.

Dr. Edilson Batista de Oliveira
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Primeiro Examinador

Dr.ª Andrea Nogueira Dias
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Segunda Examinadora

Dr. Paulo Costa de Oliveira Filho
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Orientador e Presidente da Banca Examinadora

Home Page: <http://www.unicentro.br>

Campus Santa Cruz: Rua Pres. Zacarias 875 – Cx. Postal 3010 – Fone: (42) 3621-1000 – FAX: (42) 3621-1090 – CEP 85.015-430 – GUARAPUAVA – PR

Campus CEDETEG: Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03 – Fone/FAX: (42) 3629-8100 – CEP 85.040-080 – GUARAPUAVA – PR

Campus de Irati: PR 153 – Km 07 – Riozinho – Cx. Postal, 21 – Fone: (42) 3421-3000 – FAX: (42) 3421-3067 – CEP 84.500-000 – IRATI – PR

*Aos meus pais Moysés Sponholz e Angela
Kiszka Sponholz, minha irmã Thalita Sponholz
Julio, meu cunhado Christiano José Julio e a
todos meu amigos.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a DEUS, por ter nos dado a vida e a capacidade de pensar e desenvolver esse trabalho.

Em especial ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Costa de Oliveira Filho por todos os esforços e pela paciência em me orientar.

Ao meu coorientador Dr. Edilson Batista de Oliveira por todo conhecimento compartilhado, e por fornecer uma cópia licenciada do programa SISPINUS, para o processamento dos dados de inventário e gerar as simulações da produção.

À coordenação do Programa de Pós – Graduação em Ciências Florestais, a secretária Flávia e a todos os professores, pelo apoio recebido.

Aos meus amigos Engenheiros Florestais, Rodrigo Cordeiro dos Santos, Felipe Sanches, Josef Jhoanes Mauss Preus e Felipe Martins dos Santos, pela ajuda e força que me deram.

À empresa Valor Florestal, em especial ao engenheiro Renato Teixeira Lima por ceder os dados de inventário, possibilitando a realização do trabalho.

MUITO OBRIGADO

Não precisa ser herói para lutar pela terra, por que quando a fome dói qualquer homem entra em guerra. É preciso ter cuidado para evitar essa luta, pois cada pai é um soldado quando é o pão que se disputa. Se somos todos irmãos, se todos somos amigos, basta um pedaço de chão para a vitória do trigo, basta um pedaço de terra para a semente ser pão, enquanto a fome faz guerra a paz espera no chão.

Dante Ramon Ledesma

SUMÁRIO

RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo Geral.....	3
2.2 Objetivos Específicos	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO	4
3.1. Planejamento e Ordenamento Florestal.....	4
3.2. Manejo Florestal.....	5
3.2.1. Manejo de Florestas Plantadas	6
3.3. Simulação do crescimento e produção florestal.....	7
3.3.1. Modelos de Crescimento e Produção Florestal	8
3.4. Simuladores da produção florestal	12
3.4.1. Sistema para Prognose do Crescimento e produção de Plantações de Pinus - SISPINUS	13
3.5. Sistema de informações geográficas – SIG	13
3.5.1. Sistemas de Informações Geográficas Aplicado ao Manejo Florestal	15
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
4.1. Caracterização da área de estudo	18
4. 2. Metodologia	18
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
6. CONCLUSÕES	45
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1: Município de Jaguariáiva, onde está localizada a sede da empresa Valor Florestal.....	18
Figura 2: Demonstração da entrada de dados do programa, onde há opção catálogo de fórmulas, sendo possível substituir ou acrescentar as equações que o gestor deseja utilizar para a realização de seus trabalhos.	21
Figura 3: Fluxograma da sequencia operacional do trabalho para a construção do modelo de dados.....	23
Figura 4: Tela do aplicativo mostrando o resultado espacial da consulta para a produção espacializada para desbaste e corte raso, no ano de 2013 por talhão.....	25
Figura 5: Tela do aplicativo mostrando o resultado espacial da consulta para produção espacializada para desbastes e corte raso, no ano de 2014 por talhão.....	26
Figura 6: Tela do aplicativo mostrando o resultado espacial da consulta para produção espacializada para desbastes e corte raso, no ano de 2015 por talhão.....	27
Figura 7: Tela do aplicativo mostrando o resultado espacial da consulta para produção espacializada para corte, desbastes e corte raso, no ano de 2016 por talhão.	28
Figura 8: Tela do aplicativo mostrando o resultado espacial da consulta para produção espacializada para corte, desbastes e corte raso, no ano de 2017 por talhão.	29
Figura 9: Tela do aplicativo mostrando o resultado espacial da consulta para produção da espécie <i>Pinus taeda</i> , na fazenda Jaguariáiva, no ano de 2013, acima de 15 m ³ /ha para o sortimento laminação.....	39
Figura 10: Tela do aplicativo mostrando o resultado espacial da consulta para Produção da espécie <i>Pinus taeda</i> , no ano de 2013, acima de 30 m ³ /ha para o sortimento processo.....	40
Figura 11: Tela do aplicativo mostrando o resultado espacial da consulta para produção da espécie <i>Pinus taeda</i> , no ano de 2017, acima de 180 m ³ /ha Para o sortimento Serraria 2, onde foi realizada a terceira intervenção de poda.	41
Figura 12: Talhão 021124-1 com as intervenções que foram e que devem ser realizadas, em seus respectivos anos.....	42
Figura 13: Resultado da consulta para a visualização dos percentuais de produção por classe de sortimento para o ano de 2020, evidenciando um talhão da fazenda Almas, do projeto Jaguariáiva.	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classes por sortimento de madeira definidas conforme uso na empresa	22
Tabela 2: Estrutura do modelo de dados implementado, no banco de dados do sig.	24
Tabela 3: Ordenação dos talhões para intervenção de desbaste e corte raso para os anos de 2013 a 2017, segundo o que foi mostrado nas figuras 4, 5, 6, 7 e 8.	31
Tabela 4: Produção florestal por sortimento de madeira do ano de 2013 a 2017, conforme as figuras 4, 5, 6, 7, 8.....	34
Tabela 5: Quantidade e percentual de madeira existente no talhão da figura 15 para cada sortimento.	43

RESUMO

Este estudo apresenta uma alternativa para a espacialização de dados de simulação da produção florestal, por sortimento de madeira, para auxiliar nos processos administrativos e nas tomadas de decisões da empresa florestal. Para este trabalho foi utilizado como sistema de informações geográficas o Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas – SPRING - de fonte aberta, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE e para a simulação da produção foi utilizado o Sistema para Prognose do Crescimento e Produção de Plantações de *Pinus* – SISPINUS - desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. A integração do SPRING com o SISPINUS possibilitou a espacialização de dados de prognose de crescimento e da produção por sortimento de madeira, de uma empresa florestal até o ano de 2030, além da possibilidade de planejamento espacial e programação do rodízio de talhões. O sistema implementado, apresentou bastante praticidade, proporcionando rápida visualização de informações espaciais sobre produção por sortimento de madeira, além de fornecer informações sobre o controle da rotatividade da produção nos talhões e fazendas da empresa. O sistema permitiu agilidade operacional de informações e pode ser aplicado tanto no suporte administrativo como no planejamento das empresas do setor florestal.

Palavras chave: sistema de informação geográfica, geoprocessamento, planejamento florestal, simulação da florestal.

ABSTRACT

This study presents an alternative to the spatial data simulation of forest production by assortment of wood, to assist in administrative and decision-making in the forestry company. For this study was used as a geographic information system for the System Georeferenced Information Processing - SPRING - and open source, developed by the National Institute for Space Research - INPE and the simulation of production was used Prognosis System for Growth and Production Plantations of Pinus - SISPINUS - developed by the Brazilian Agricultural Research Corporation - EMBRAPA. The integration with the SPRING SISPINUS allowed the spatial data and prognosis of growth in output per assortment of wood, a forest company by the year 2030, besides the possibility of spatial planning and programming of the rotation plots. The implemented system had enough practicality, providing rapid visualization of spatial information on production by assortment of wood, in addition to providing information about controlling the turnover of production plots and farms in business. The system allowed operational agility of information and can be applied both as administrative support in the planning of forestry companies.

Keywords: geographic information system, GIS, forest planning, forest simulation

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, devido à maior disponibilidade de tecnologias digitais, as empresas modificam constantemente seus modelos operacionais e administrativos. Com isso, novas informações tem sido um fator determinante para a gestão de controle de negócios, na otimização dos recursos naturais e na produtividade, auxiliando no processo produtivo para assegurar a sustentabilidade no futuro.

Os sistemas de informações geográficas (SIGs) são ferramentas eficientes na integração de informações de diferentes fontes e formatos, gerando um conjunto de operações e análises altamente poderoso para auxiliar na tomada de decisão e nos processos administrativos das empresas. Dentre os sistemas existentes, o Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas - SPRING, que é desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, é uma das várias opções existentes de sistemas de domínio público e de fonte aberta, tendência hoje em várias empresas e governos.

Para as empresas do setor florestal, a simulação da produção de plantios florestais é de suma importância para o manejo de povoamentos e o planejamento futuro da empresa. No Brasil, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, desenvolveu o Sistema para Prognose do Crescimento e Produção de Plantações de Pinus - SISPINUS, que possibilita a simulação da produção, através da prognose de crescimento e da produção de povoamentos de *Pinus sp*, e permite a simulação de desbastes em diferentes idades e as estimativas dos sortimentos de madeira em volumes parciais, estimados para cada um dos seguimentos do tronco da árvore com dimensões pré-estabelecidas conforme uso na indústria. O modelo utilizado pelo aplicativo baseia-se em funções de distribuições de probabilidades que descrevem as distribuições de diâmetro e altura das árvores do povoamento em diversas idades, sítios e número de árvores por hectare.

Com a integração do SISPINUS ao SPRING, foi possível a construção de um sistema de informações geográficas direcionado para o manejo florestal, permitindo a visualização em tempo real, de cenários de produção para o presente e para o futuro.

As geotecnologias são bastante utilizadas por empresas do setor agrícola e florestal que detém grande quantidade de áreas para produção. Elas fornecem

informações para logísticas, navegação, diagnósticos, prognósticos e modelos de simulação.

Assim, este trabalho desenvolveu um modelo de integração entre o banco de dados com informações sobre cadastro e dados de simulação da produção das unidades espaciais de manejo, os talhões florestais, voltados para a implementação de um sistema de informações geográficas - SIG, que proporcione suporte ao planejamento da atividade florestal na empresa.

Para estruturação do modelo, foram utilizados dados de uma empresa do setor florestal, sendo implementado um sistema para integrar ferramentas do simulador com as do SIG para dar suporte administrativo e permitir consultas e análises com resposta espacial simultânea sobre as áreas de produção da empresa.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Gerar um modelo de dados espacial resultante da integração de um sistema de informações geográficas e um simulador de crescimento, visando auxiliar as empresas florestais no planejamento da produção florestal, partindo de dados de inventário florestal e mapeamento.

2.2 Objetivos Específicos

- a) Simular a produção de madeira por sortimento, com base em de dados de inventário de uma empresa florestal;
- b) Utilizar um sistema de informações geográficas de domínio público para espacializar a produção atual e futura, por sortimento de madeira em uma empresa florestal;
- c) Construir um sistema que permita consultas por expressão lógica e por agrupamento de objetos do banco de dados da empresa envolvida no estudo, de forma a contribuir para o planejamento e a tomada de decisão da empresa.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Planejamento e Ordenamento Florestal

O planejamento da produção florestal é a organização estrutural das atividades de produção de madeira através de técnicas analíticas, com o objetivo de se indicar opções de manejo que contribuam da melhor forma para atender os objetivos do empreendimento e da coletividade (SANQUETTA).

Hosokawa (1998) define planejamento florestal, como o retorno financeiro através da previsão de longo prazo da produção total, incluindo os desbastes. Trata-se, pois, do ordenamento de um povoamento, tanto da produção biológica, como da produção financeira.

O planejamento e a administração de plantios florestais ganham cada vez mais importância com o aumento da demanda dos produtos de origem florestal, a qual se acentua cada vez mais com o crescimento da população mundial e o crescimento dos países em desenvolvimento. Neste sentido, a avaliação eficiente e precisa dos povoamentos florestais é implícita e decisiva para a tomada de decisões na aplicação de ações silviculturais e de explorações, atendendo sempre aos objetivos técnicos e econômicos de manejo do reflorestador. Essas informações de ordem técnica são obtidas através da execução do inventário florestal, baseado na maioria das vezes nas técnicas de amostragem (CESARO *et al.*, 1994).

Na elaboração de um plano de Ordenamento Florestal deve-se planejar a produção da empresa florestal que vise não somente a produção momentânea, mas também uma estrutura de empresa que permita em longo prazo uma produção e um manejo equilibrado. Para se atender a esse objetivo, torna-se fundamental o desenvolvimento de técnicas de construção de tabelas de produção florestal, baseadas em simuladores que possibilitem a determinação da tendência de desenvolvimento futuro de povoamentos florestais, dentro de intervalos admissíveis de confiança (WENDLING, 2007).

Para Gomide (2009), o planejamento da atividade florestal pode ser considerado como uma arte, igualmente à ação de pintar um quadro ou compor uma música, ou seja desafia a capacidade humana na resolução dos problemas. Para vencer esse desafio, é obrigatório o uso de técnicas computacionais para acelerar o processo e garantir maior confiabilidade na gestão de informação.

Para a efetiva realização do planejamento florestal é necessário manter um cadastro florestal contendo, no mínimo, o histórico dos plantios florestais, as áreas de plantio e material genético, além de um sistema de cálculo de inventário florestal com informações acuradas das produções passadas, atuais e futuras de cada talhão florestal (NOBRE *et al.*, 2004).

Ordenar plantios florestais é uma prática desafiadora. Os custos de produção, colheita e transporte de matéria-prima empregada resultam em uma parcela importante do produto final, sendo determinante otimizar os meios pelos quais seja possível reduzir o desembolso com a produção e/ou aquisição, principalmente em se tratando de grandes volumes anuais (BRUN, 2002).

A atividade de planejamento da produção em uma empresa florestal demanda a avaliação de diversos aspectos que exercem influência direta ou indireta no custo final de produção. A ênfase no planejamento do uso dos recursos florestais se deve à necessidade de suprir as demandas demarcadas. Dessa forma, é imprescindível ter-se um planejamento criterioso da produção, com a adoção de regimes de manejo adequados para cada espécie, condicionando uma mínima qualidade exigida pelo mercado consumidor (NETTO, 2008).

3.2. Manejo Florestal

Buongiorno e Gilles (1987) definem que o manejo florestal é a arte e a ciência de tomada de decisões com relação à organização, uso e conservação de florestas. Tais decisões podem envolver o futuro em longo prazo e também as atividades do dia-a-dia, abordando sistemas florestais dos mais simples aos mais complexos.

Os mesmos autores afirmam que o manejo florestal pode considerar questões como: o planejamento da colheita; a previsão do efeito de diferentes regimes de manejo no valor de uma floresta; a determinação do ciclo e a intensidade de corte, visando maximizar a produção de madeira ou a receita de uma determinada floresta; o planejamento da produção de uma indústria atendendo os objetivos estabelecidos de receita, número de empregos e nível de poluição; o delineamento de uma rede de estradas com o menor custo possível, de modo a atender os projetos, entre outros.

Para Sabogal *et al* (2006), o manejo florestal é um tipo de exploração madeireira de forma planejada, aplica atividades de planejamento a fim de assegurar a manutenção da

floresta para um outro ciclo de corte, também monitora o desenvolvimento e aplica tratamentos silviculturais.

3.2.1. Manejo de Florestas Plantadas

As plantações florestais são fontes de matéria-prima importantes para diversos segmentos industriais da cadeia produtiva da madeira, industrialização e comercialização, como celulose e papel, siderurgia, energia, painéis, móveis, madeira sólida, além de outros produtos, tendo participação expressiva e estratégica na economia nacional e na geração de empregos (SCHUCHOVSKI, 2003).

A cultura do gênero *Pinus* teve como objetivo inicial abastecer o setor de papel e celulose, entretanto, com a crescente demanda de madeira e a forte pressão pela preservação das florestas nativas, sua produção também se voltou para atender à demanda de madeira serrada e laminação (MORO, 2008).

O uso da madeira proveniente de florestas plantadas, principalmente *Pinus* spp e *Eucalyptus* spp é uma alternativa viável para aliviar a pressão exercida sobre as florestas nativas. Torna-se então, necessária a busca por tecnologias de manejo para aprimorar a produção de madeira dessas florestas plantadas, como técnicas silviculturais de desbastes, entre outras. Os desbastes podem ser empregados para aumentar a produção de madeira para diferentes fins, agregar maior valor e melhorar a qualidade dos indivíduos remanescentes, com isso eleva-se a rentabilidade do investimento (DIAS, 2000).

Conforme Yoshitani-Junior (2012), no Brasil, a tecnologia de plantios florestais do gênero *Pinus* e *Eucalyptus* está bastante desenvolvida. Sendo assim o manejo tem por objetivo aumentar a qualidade do produto final. Por meio de informações provenientes de inventários florestais torna-se possível definir um plano de manejo de usos múltiplos das florestas. Realizada a qualificação e a quantificação, torna-se evidente a potencialidade dos cultivos florestais para uma combinação de usos do material lenhoso, de suma importância para o planejamento florestal.

3.3. Simulação do crescimento e produção florestal

Segundo Averty e Burkhart (1983), a dinâmica no crescimento de um povoamento pode ser conhecida através de métodos diretos e indiretos. Métodos diretos são aqueles que envolvem observações do povoamento, e são feitas interferências acerca do comportamento futuro, provenientes do crescimento e da mortalidade observados no passado. Os métodos indiretos são aqueles que utilizam tabelas, equações ou modelos de simulações para se conhecer o comportamento de um povoamento, os quais são conhecidos como modelos de crescimento e produção.

Os modelos do crescimento florestal são abstrações de um sistema real, com aplicações diversas, a saber: atualização de inventários florestais, construção de tabelas de produção, prescrição de tratamentos silviculturais e conhecimento dos processos de crescimento (TITUS e MORTON, 1985).

Para Sanquetta (1996), um modelo de simulação da produção florestal é como um sistema, geralmente de equações matemáticas implementadas em computador, que pode ser usado para prever o desenvolvimento de um povoamento florestal. Um modelo, para ser de fato simulador da produção florestal, deve propiciar condições ao usuário de investigar as consequências de interferências hipotéticas, naturais ou artificiais, na floresta objeto da modelagem.

Os modelos de produção integram conjuntos de equações de modo a estimar a evolução das variáveis dendrométricas ao longo do horizonte de planejamento, sob uma grande variedade de condições ambientais e / ou climáticas (FALCÃO e MARQUES, 2002).

As ferramentas existentes para a simulação de crescimento e produção podem ser utilizadas no planejamento florestal para verificação da produção esperada em idades futuras, em diferentes condições de sítio e densidade (GOMES *et al.*, 1997).

Para Bizon (2005), o conhecimento da produtividade atual e a estimativa da produtividade futura das florestas plantadas são condições básicas para a gestão dos recursos madeireiros de qualquer empreendimento florestal, pois sem estas informações as tomadas de decisão em nível estratégico, tático, ou mesmo operacional tornam-se de baixa confiabilidade e de alto risco para o empreendedor.

Segundo Soares (2006), o estudo do crescimento parte das informações primárias do povoamento florestal, originadas de um sistema de inventário ou a partir de um banco de dados originado por análise de tronco.

3.3.1. Modelos de Crescimento e Produção Florestal

Os modelos de produção são importantes instrumentos que utilizam a distribuição diamétrica, subsidiando o planejamento florestal e, embora impliquem em uma simplificação da realidade, permitem obter um diagnóstico da distribuição diamétrica das árvores que compõem a floresta (PULZ *et al.*, 1999).

Scolforo e Thierschi (1998) afirma que a estrutura básica para o desenvolvimento de modelos de crescimento e produção se dá por causa da probabilidade de descrever a estrutura diamétrica das populações, utilizando distribuições matemáticas definidas como função de densidade de probabilidade (fdp), destacando-se a Gama, a Ln-normal, a Beta, a SB de Johnson, a Weibull, a Exponencial e a Normal.

Segundo SCOLFORO (1995), o modelo Gama é uma função flexível, podendo ser aplicada em florestas naturais ou plantadas. Pode assumir ou ajustar-se a diferentes tipos de curvas passando por diversos graus de assimetria.

A função Gama refere-se a uma generalização da função fatorial e foi introduzida em 1729, juntamente com a função beta, pelo notável matemático Leonard Euler. A função gama descreve sempre curvas de assimetria positiva, tendo a distribuição normal como limite externo (GUIMARÃES, 2002).

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{(\alpha-1)} \exp^{-\frac{x}{\beta}}$$

Sendo:

β = parâmetro de escala ($\beta > 0$);

α = parâmetro de forma ($\alpha \geq 0$);

$\Gamma(\alpha)$ = função Gama ordinária de α ;

x = variável aleatória observada ($x > 0$);

$f(x)$ = frequência por unidade de área.

A distribuição Ln-normal, termo utilizado primeiramente por Gaddum em 1945, é a distribuição de uma variável aleatória cujo logaritmo natural (ln) segue uma distribuição Normal. Ou seja, uma variável x tem distribuição Ln-normal se $y = \ln(x)$ é normalmente distribuído com 'Ln' denotando o logaritmo natural (NETTO, 2008).

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_{(x-a)}\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x-a)-\mu}{\sigma}\right)^2\right\}$$

Sendo:

μ = média da população;

σ = desvio-padrão;

a = constante, tal que a variável $\ln(x-a)$ tenha distribuição normal;

x = variável aleatória observada;

$f(x)$ = frequência por unidade de área.

A distribuição Beta é muito flexível, podendo assumir várias formas para uma ampla faixa de distribuições.

Esta distribuição tem uma aplicação ampla no estudo de vários fenômenos biológicos em que a variável x é aleatória e contínua. Dada sua grande flexibilidade de adaptação, atende a quase todos os casos de distribuições diamétricas em diversas formações florestais (SILVA 2003).

$$f(x) = \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} x^\alpha (1-x)^{\beta-1}$$

Sendo:

α e β : parâmetros da distribuição,

sendo: $\alpha > 0$ e $\beta > 0$

Γ : função gama

Oliveira (1995) afirma que a distribuição S_B de Johnson descreve a distribuição marginal das variáveis diâmetro e altura de árvores de um povoamento em diferentes idades e a S_{BB} de Johnson descreve a distribuição conjunta dessas variáveis.

$$f(d_i, \varepsilon, \lambda, \delta, \gamma) = \frac{\delta}{\sqrt{2\pi}} \frac{\lambda}{(d_i - \varepsilon)(\lambda + \varepsilon - d_i)} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\gamma + \delta \ln\left[\frac{d_i - \varepsilon}{\lambda + \varepsilon - d_i}\right]\right]^2\right\}$$

δ_i = diâmetro da i ésima árvore da parcela;

ε = parâmetro de locação;

λ = parâmetro de escala;

$\delta\varepsilon\gamma$ = determinam a forma da distribuição, em que d é o parâmetro curtose, e g representa a assimetria.

O mesmo autor comenta que a distribuição S_{BB} apresenta flexibilidade e eficiência para a descrição das características dos povoamentos nas diferentes idades e para a obtenção de estimativas da distribuição conjunta de diâmetros e alturas das árvores de povoamentos para *Pinus taeda*.

$$z = \gamma + \delta \ln\left(\frac{y}{1-y}\right) = \gamma + \delta \ln\left(\frac{c - \varepsilon}{\varepsilon + \lambda - c}\right)$$

Sendo:

z têm distribuição Normal bivariada com correlação ρ .

Segundo CAO (2004), a função de densidade de probabilidade Weibull foi introduzida na área florestal por BAYLEY e DELL (1973) que a utilizaram para modelar distribuições diamétricas em povoamentos de *Pinus*.

Para Santana (2008) as vantagens da Weibull incluem sua flexibilidade para ajustar formas comumente encontradas em florestas naturais ou plantações florestais, além da facilidade de computar a probabilidade de ocorrência de árvores em classes diamétricas sucessivas, sem necessidade de proceder à integração numérica.

a) Função de Weibull com dois parâmetros:

$$f(x) = \frac{c}{b} \left(\frac{x}{b}\right)^{c-1} e^{-\left(\frac{x}{b}\right)^c}$$

b) Função de Weibull com três parâmetros:

$$f(x) = \frac{c}{b} \left(\frac{x-a}{b} \right)^{c-1} e^{-\left(\frac{x-a}{b} \right)^c}$$

Sendo:

a = parâmetro que indica a locação inicial da distribuição do diâmetro mínimo;

b = valor de escala;

c = forma da distribuição de densidade de probabilidade;

x = variável aleatória observada;

f(x) = frequência por unidade de área.

Com base na teoria de DE LIOCURT desenvolvida em 1898 a função exponencial é representada por:

$$Y = \beta_0 e^{-\beta_1 X} + \mathcal{E}_i$$

Sendo:

Y_i = número de árvores por unidade de área por classes de diâmetros i;

X_i = centros de classes de diâmetros;

β₀ e β₁ = constantes a serem estimadas;

e = base logaritmo natural.

ℰ_i = Erro aleatório.

Esta função admite um quociente de decréscimo entre as frequências proporcional e constante, de modo que os fatores ingresso, crescimento e mortalidade atingem proporções constantes nas frequências em todas as classes de diâmetro, da distribuição, fornecendo uma linha reta quando plotado em papel semi-logorítimo (SILVA, 2006).

A distribuição Normal é a mais familiar das distribuições de probabilidade, além de ser uma das mais importantes. Essa distribuição fornece uma boa aproximação de curvas de frequência para medidas de dimensões e características humanas como, por exemplo, a altura de uma população (NETTO, 2008).

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right]$$

Sendo:

μ = média da população;

σ = desvio-padrão da variável estudada.

x = variável aleatória observada;

$f(x)$ = frequência por unidade de área.

3.4. Simuladores da produção florestal

A FAEPE, instituição de pesquisa e extensão vinculada à Universidade Federal de Lavras - Minas Gerais, patrocinou o projeto de desenvolvimento do “SPplytus”, outro simulador florestal para suporte ao manejo de plantações de eucalipto com desbastes. O simulador foi concebido com base no método da função probabilística, porém ainda não há muitas informações disponíveis sobre a fonte de dados utilizada na modelagem ou sobre o modelo conceitual empregado (SANTANA, 2008).

Azevedo (2006) trabalhou com o SIMFLORA e o definiu como sendo uma estrutura usada para simular os efeitos do manejo no crescimento e no rendimento futuro de florestas tropicais. Essa é composta de modelos de processos naturais, ou ecológicos, e de manejo.

Lazaretti (2007) para obtenção da prognose de crescimento e produção, utilizou-se o programa FlorExcel[®], no módulo de Crescimento e Produção. Foram considerados plantios florestais localizados no município de Ponte Alta do Norte, Santa Catarina.

O mesmo autor comenta que o FlorExcel[®] permite a realização, de forma simultânea, de diversas simulações. Cada simulação retorna as tabelas contendo informações, como o estoque em pé, o volume retirado nos desbastes e no corte raso e o volume remanescente após estas intervenções.

3.4.1. Sistema para Prognose do Crescimento e produção de Plantações de Pinus - SISPINUS

O aplicativo SISPINUS, possibilita, através de avaliações de medições de determinadas variáveis, em povoamentos ainda jovens, prever o crescimento em idades futuras, sendo, portanto, uma ferramenta de grande utilidade para técnicos florestais que atuam na área de manejo florestal, nas tomadas de decisão das operações de desbastes (MORO *et al*, 2008). O mesmo autor ainda afirma que o sistema SISPINUS vem sendo utilizado em grande escala desde 1989 por diversas empresas que possuem plantios de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, no Sul do Brasil e países do Mercosul.

O modelo baseia-se na Distribuição bivariada de Johnson, e foi preparado para três espécies de *Pinus taeda* e *elliottii* e *caribaea*. Neste aplicativo, quando se quer especificar mais para a floresta em estudo, entra-se com equações de sítio, por espécies, e funções de volume e de forma. Apesar de pequenas incoerências, em situações extremas, o desempenho do SISPINUS tem sido bom para algumas regiões do Brasil (RODOVANSKI, 2003).

Schuchovski (2003) utilizou o aplicativo SISPINUS para realizar as simulações individualmente de todas as empresas que fizeram parte de seu estudo, de modo a obter resultados de produção em metros cúbicos por hectare, para que fosse possível calcular os volumes em cada classe de idade de acordo com a área respectiva.

Mello *et al* (2005) com estudos realizados na Indústria Pedro Pizzatto, no município de General Carneiro, no estado do Paraná, trabalharam com o aplicativo SISPINUS para prognosticar o diâmetro, a altura e o volume em pé de 11 projetos submetidos a cinco diferentes regimes de manejo, considerando uma rotação de 21 anos. Logo após, estimaram a quantidade de carbono que permanece na floresta e que é retirada após as intervenções previstas nos regimes.

3.5. Sistema de informações geográficas – SIG

Pode-se definir SIG como uma coleção organizada de equipamentos para computação eletrônica (*hardware*), programas (*software*), dados georreferenciados e pessoal especializado, projetada para coletar, armazenar, atualizar, manipular, analisar e apresentar visualmente todas as formas de informações geograficamente referenciadas (ESRI, 1991).

Os SIGs apresentam duas características importantes: possibilitam a integração de dados provenientes de diversas fontes, como dados cartográficos, dados de censo e cadastro, imagens de satélites/fotos aéreas e modelos numéricos do terreno; e a capacidade do sistema recuperar, manipular e visualizar estes dados através de algoritmos de manipulação e análise (CAMARGO, 1997).

Um SIG é constituído por um conjunto de ferramentas especializadas em adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais. Esses dados geográficos descrevem objetos do mundo real em termos de posicionamento, com relação a um sistema de coordenadas, seus atributos não aparentes (como a cor, pH, custo, incidência de pragas, etc) e das relações topológicas existentes. Portanto, um SIG pode ser utilizado em estudos relativos ao meio ambiente e recursos naturais, na pesquisa da previsão de determinados fenômenos ou no apoio a decisões de planejamento, considerando a concepção de que os dados armazenados representam um modelo do mundo real (BURROUGH, 1986).

Rose (2001) define Sistema de Informações Geográficas (SIG) como uma das melhores ferramentas disponíveis para solucionar problemas de organização de dados em modelos espaciais. Atualmente, varias instituições públicas e privadas têm baseado suas decisões de planejamento em SIG, utilizando suas potencialidades de armazenamento, gerenciamento e processamento.

Os modelos de espacialização têm se mostrado excelentes ferramentas no auxílio da tomada de decisão. Os SIGs integram uma sofisticada interface gráfica a uma base de dados georreferenciados, constituindo-se em poderosas ferramentas de análise e planejamento espacial (FISCHBECK, 1994).

Um SIG pode ainda ser definido como um sistema provido de quatro grupos de aptidões para manusear dados georreferenciados: entrada, gerenciamento, manipulação e análise, e saída. Os dados são georreferenciados quando estes possuem basicamente duas características: dimensão física e localização espacial (ARONOFF 1989). O mesmo autor afirma que uma característica básica de um SIG é a sua capacidade de tratar as relações espaciais entre os objetos geográficos, tratar as diversas projeções cartográficas e armazenamento da topologia para o desenvolvimento de consultas a um banco de dados espacial, que não seriam possíveis de outra maneira.

Para Couclelis (1997), os SIGs são desenvolvidos a partir de suposições pré-estabelecidas quanto à homogeneidade, uniformidade e universalidade das propriedades e

seus principais componentes, que incluem o espaço e as relações espaciais, o tempo e o modelo matemático que descreve o fenômeno.

No SIG a realidade é representada (modelada) como uma série de elementos geográficos definidos de acordo com dois atributos de dados. O elemento de dado geográfico (o dado espacial) é utilizado para providenciar uma referência para o elemento de dado para o atributo (o dado não espacial) (MIRANDA, 2010).

O mesmo autor, citando Maguire (1991) e Martin (1996) afirma que no SIG o elemento geográfico é visto como mais importante do que o elemento atributo e este é um dos pontos-chave que diferenciam um SIG de outros sistemas de informações. Além das dificuldades de definir um SIG, existe também a dificuldade de restringir seu campo de atuação, ou seja, que funções ele deveria desenvolver. Não existe premissas teóricas aceitas genericamente para a sua aplicação, embora o mundo comercial seja pródigo em oferecer SIG com múltiplas funcionalidades.

A análise em um SIG usa o potencial dos computadores para medir, comparar e descrever o conteúdo do banco de dados. Ela permite pronto acesso ao dado bruto e também agregação e reclassificação para análise futura. Ela não está limitada ao tipo do dado que pode recuperar, mas pode combinar dados selecionados em formas únicas e úteis muito além do que o tradicional mapa poderia providenciar numa folha simples (DERMERS, 1997).

Dentre os programas existentes, o SPRING é um SIG desenvolvido pelo INPE que, além de possuir uma ampla gama de características desejadas num sistema desta natureza, reúne ferramentas necessárias ao processamento e análise de imagens adquiridas por sensores remotos, somado ao fato de ser gratuitamente distribuído (CÂMARA, 1996).

3.5.1. Sistemas de Informações Geográficas Aplicado ao Manejo Florestal

Hoffer (1991) menciona que através desta tecnologia os manejadores dos recursos florestais possuem uma série de dados e ferramentas de análises disponíveis, com as quais apenas se sonhava no passado, e que possibilitam a obtenção de informações oportunas e de maneira segura, tanto de interesse local, regional ou global.

Um SIG pode integrar arquivos ou base de dados de custos, solos, produtividades, material genético, clima, datas de plantio, que juntas com dados georeferenciados (estradas,

(distância de pontos importantes, localização da fábrica, declividade do terreno), podem ser analisadas e obter as respostas desejadas (COUTO, 1993).

Oliveira Filho *et al* (2005) trabalhando com o SPRING testaram a otimização do transporte florestal, comparando a distância ótima de transporte associada ao desempenho operacional do veículo, com a distância ótima associada à menor distância.

Emmert *et al.* (2010) utilizaram o programa ArcGIS trabalhando com técnicas de geoprocessamento para identificar as condições de operação nas estradas florestais, mediante levantamentos contínuos de defeitos na superfície de rolamento e a obtenção do Índice de Condição de Rodovia não Pavimentada - ICRNP. Os autores integraram os dados referentes aos padrões de operação e manutenção das rodovias à base de dados georreferenciada, manipulando, espacializando e disponibilizando visualmente, por meio de mapas, as informações geradas.

Ferraz e Vettorazzi (2003) trabalharam no desenvolvimento de uma metodologia para a aplicação dos conceitos de ecologia de paisagem no planejamento do uso da terra em áreas de reflorestamento, por meio da utilização de um sistema de informações geográficas. Para tal, utilizaram como área de estudo uma fazenda de reflorestamento da *International Paper* do Brasil, tendo sido estabelecidos cinco critérios para determinação de áreas para recomposição: fertilidade dos solos, mata nativa existente, corpos d'água, declividade e suscetibilidade à erosão. Esses fatores foram analisados empregando-se os recursos de decisão multicritérios, em ambiente SIG. Como resultado foi obtido um mapa com áreas adequadas à recomposição florestal, segundo os critérios adotados. Com este mapa realizou-se uma simulação, alocando uma nova área de floresta nativa e o resultado foi avaliado em nível de paisagem, por meio de índices apropriados.

Oliveira Filho (2003) por meio de uma base cartográfica e um cadastro atualizado, implementou um modelo de dados em ambiente de sistema de informações geográficas no *software* SPRING, utilizando dados de cadastro das unidades produtivas e de inventário florestal, elaborando a simulação da produção por sortimento de matéria prima até a idade de 30 anos, com uso do aplicativo SISPINUS.

Dentro desta concepção de programação para incorporação do modelo ou dos modelos de distribuição a serem utilizados para simular as produções atuais e futuras, existe ainda limitações devido à falta de recursos humanos, principalmente na área florestal, que detenham conhecimentos mais aprofundados de programação e, ao mesmo tempo, de manejo florestal e

geoprocessamento. Desta forma, a praticidade em se utilizar um aplicativo para a simulação e posteriormente espacializar seus resultados após alimentação em um SIG, mantendo sob controle todo o tratamento dados de inventário florestal apresenta-se como uma solução bastante útil ao setor florestal no dia a dia das atividades da empresa.

As ferramentas de Sensoriamento Remoto e de SIG são importantes para manipular os recursos florestais e contribuem para o planejamento e a fiscalização desses recursos. Essas geotecnologias contribuem no planejamento e economia florestal e até nos domínios da ecologia florestal, cujo conhecimento acerca da avaliação das condições de fitossanidade, crescimento de povoamentos ou estágios de fragmentação florestal e seus consequentes impactos (SANTOS; DISPERATI; WATZLAWICK, 2006).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área de estudo

A sede da empresa está situada no município de Jaguariaíva, no norte do Paraná, conforme mostrando a Figura 1. A área de estudo é formada por talhões de várias fazendas do projeto Jaguariaíva, localizado no mesmo município. Essas áreas pertencem a vários proprietários, mas são todas administradas pela empresa Valor Florestal S/A.

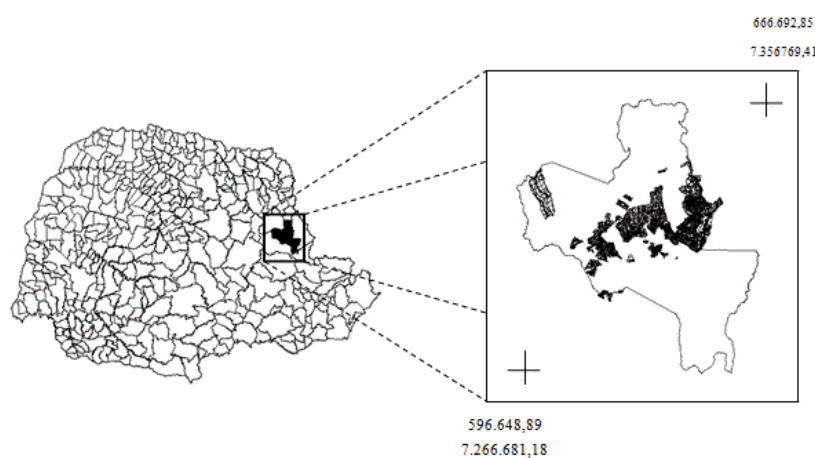


Figura 1: Município de Jaguariaíva, onde está localizada a sede da empresa Valor Florestal.

A região está localizada no primeiro planalto paranaense com altitude variando entre 800 a 1000m metros, com solos intemperizados do embasamento cristalino, solo argiloso, folhelhos, arenosos álicos e latossolo- vermelho escuro álico.

O clima da região, conforme a classificação de Köppen é do tipo Cfb, com temperatura média anual de 20° C, com incidência de geadas frequentes no inverno e com precipitação media anual em torno de 1400 milímetros. A cobertura vegetal nativa é caracterizada pela Floresta Ombrófila Mista e por vegetação característica do cerrado (CÂMARA MUNICIPAL DE JAGUARIAÍVA, 2012).

4.2. Metodologia

Foi obtida junto à administração da empresa, a base cartográfica em arquivo no formato shapefile, contendo as unidades de produção (talhões florestais) e os limites das

fazendas, assim como dados de inventários florestais realizados nos anos de 2006 e 2009, sendo que a mesma foi importada para o formato do programa utilizado.

A base cartográfica fornecida possui informações como talhões com área disponível para plantio, área com capoeira, estradas internas, estradas municipais, lago, leiras, mato, rede elétrica, reflorestamento, viveiro, açude, afloramento rochoso e araucária. Esses dados contêm a distribuição espacial e os limites das 35 fazendas que fizeram parte do estudo, sendo elas: Almas, Barra Bonita II, Butiá, Butiá Grande, Cajurú, Chapada do Restingão, Cinzas 1, Cinzas 2, Cinzas 3-4, Cinzas 5, Cinzas 6-1, Cinzas 6-2, Coelho, Do Açude, Dona Nene, Enxovia, Gentio, Gentio II, Gralha Azul, Jaguariáiva, Jararaca, Jararaca do Mato Dentro, Jararaca do P. Valo, João Leme, Lageado II, Pisa B, Restingão Baroni, Restingão J. M., Restingão Villa, Samambaia U. Q, Sibisa, Trevo, Tucunduva QO6B.

Os dados de inventários realizados no ano de 2006 e 2009 possuem informações detalhadas como: data do plantio - indicando o dia, o mês e o ano em que foi plantado; data de inventario - também mostrando o dia, mês e o ano em que foi feito; fase de manejo - esta informação indica se houve ou não desbaste no talhão; número do talhão; classe da idade - indica a idade arredondada para mais ou para menos, que é a forma de entrada dos simuladores; área da parcela; número da parcela; DAP mínimo; DAP médio; DAP máximo; altura média; altura dominante; área basal; número de árvores hectare ; volume total por hectare e volume total comercial por hectare.

Os dados obtidos foram processados no SISPINUS, o que possibilitou as simulações de produção florestal por sortimento de madeira, sendo que os resultados obtidos foram integrados ao SPRING versão 5.1.8, permitindo assim a espacialização dessas simulações, agrupamento de objetos e consultas por expressões lógicas.

Para a implementação do SIG, foi realizada a importação dos dados que foram classificados e agrupados de acordo com a categoria adequada no modelo de dados. O mesmo foi implementado com as seguintes informações vetoriais: estradas principais, hidrografia, limite das fazendas e limite dos talhões.

A etapa seguinte foi à edição vetorial e a geração da topologia dos polígonos necessária para o funcionamento do modelo orientado ao objeto. Foram feitos alguns ajustes, considerados normais para o processo de transformação e incorporação de arquivos vetoriais para o ambiente SIG. A realização das edições vetoriais foram necessárias para evitar a duplicação de linhas e falhas no fechamento de polígonos, para transformar essas entidades

gráficas poligonais, que representam as unidades produtivas ou talhões florestais, em objetos .

De posse dos dados vetoriais que compõe a base cartográfica da empresa, contendo os limites da fazendas e das unidades de produção, ou talhões, foi implementado o modelo de dados inicial dentro do ambiente de sistema de informações geográficas SPRING, versão 5.1.8.

Por meio desses dados de inventário juntamente com o uso do aplicativo SISPINUS, realizou-se a prognose de crescimento e da produção das áreas em estudo, utilizando-se a função densidade de probabilidades S_B e S_{BB} de Johnson, obtendo-se a simulação de desbastes e a separação das estimativas de volumes parciais para seguimento adotado pelo sistema de produção da empresa.

O SISPINUS possui um modelo de dados baseado em funções de distribuição de probabilidades que descrevem as distribuições de diâmetro e alturas das árvores do povoamento em diversas idades, sítios e número de árvores e a quantidade de carbono sequestrado por hectare.

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizadas as equações já existentes no programa, mas é bom salientar que o aplicativo permite a entrada de outras equações de sítio, volume e sortimento, sendo possível discriminar para onde será utilizada (descrição); o autor da nova equação (autor); marcando para determinar que informação (tipo) e discriminar a equação que a ser usada no trabalho (expressão), conforme demonstrado na Figura 2. Pode-se observar também que na entrada de dados do programa, existe opção de catálogos de forma, onde é possível a substituição e o acréscimo das novas fórmulas desejadas pelo autor.

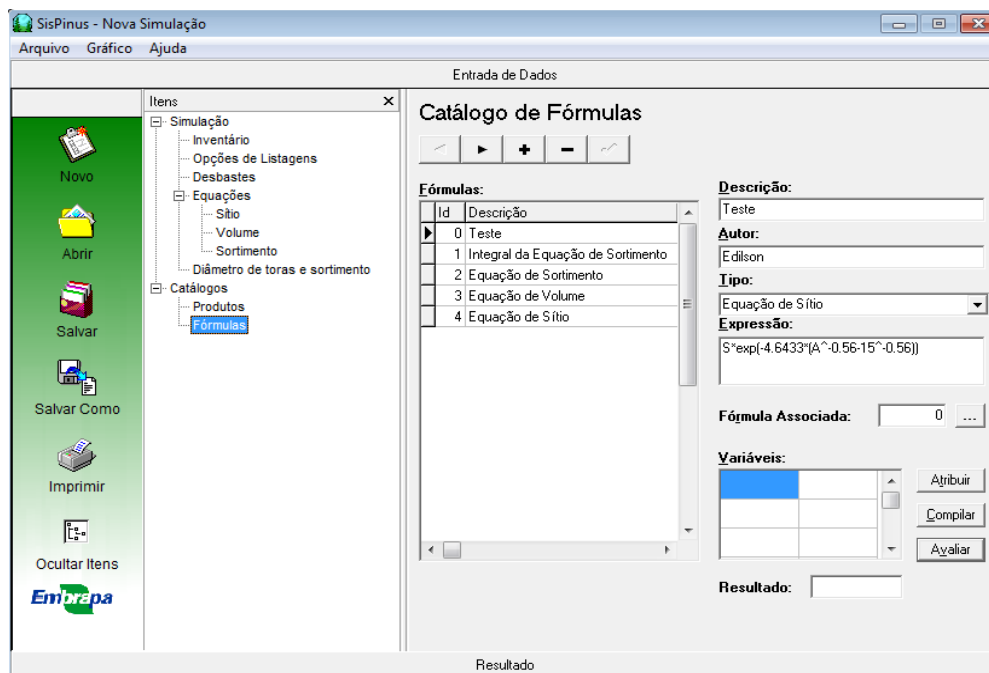


Figura 2: Demonstração da entrada de dados do programa, onde há opção catálogo de fórmulas, sendo possível substituir ou acrescentar as equações que o gestor deseja utilizar para a realização de seus trabalhos.

Para a entrada de dados foram utilizadas as seguintes equações conforme apresenta o aplicativo, as fórmulas estão escritas da mesma forma como aparece nos dados de entrada do SISPINUS sendo elas:

Equação de sortimento:

Onde: D = DAP e X = altura

$$D*(1.2102*X+1.6931*X^{2-4.5078}*X^3+2.7125*X^4)$$

Equação de volume

Onde: D = diâmetro e H = altura

$$7.854E-5*D^2*0.41*H$$

Equação de sítio:

Onde: A = idade e S = índice de sítio

$$S * \exp(-4.6433 * (A^{-0.56} - 15^{-0.56}))$$

Para a simulação da produção por sortimento de madeira e implementação do sistema de informações geográficas, foram definidas as classes de sortimento conforme a necessidade e realidade da empresa, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Classes por sortimento de madeira definidas conforme uso na empresa.

sortimento	Diâmetro (cm)	Comprimento da tora (m)
Processo	8 a 18	2,4
Serraria 1	18 a 23	2,6
Serraria 2	23 a 35	2,6
Laminação	> 35	2,7

A classe de sortimento processo é a de menor diâmetro variando de 8 a 18 cm, as madeiras pertencentes a esta classe serão processadas ou seja, passarão por transformação, seu uso ocorre em picadores, aglomerados, mdf, hdf, celulose entre outros. Já serraria 1 são aquelas mais grossas que serão serradas dando origem a vigas, vigotas, embalagens. Serraria 2 são toras de diâmetro ainda maior que darão origem a tábuas. E laminação são aquelas mais grossas de todas que serão utilizadas para laminados.

A empresa possui um cadastro com várias informações não espaciais, a serem utilizadas como atributos no sistema de informações geográficas, os quais foram associados aos talhões florestais, unidades de produção de reflorestamento de *Pinus* spp da empresa, representadas no modelo espacial por polígonos fechados, a serem tratados como geo-objetos no sistema de informações geográficas.

A consulta através de agrupamento de objetos ou de expressões lógicas viabilizou a obtenção de uma rápida seleção e visualização de objetos (em tempo real) que envolvem uma série de atributos, operações e valor.

Na Figura 3 é exibido um organograma com a sequência operacional do trabalho para a construção do modelo de dados para a espacialização da produção florestal por sortimento de madeira.

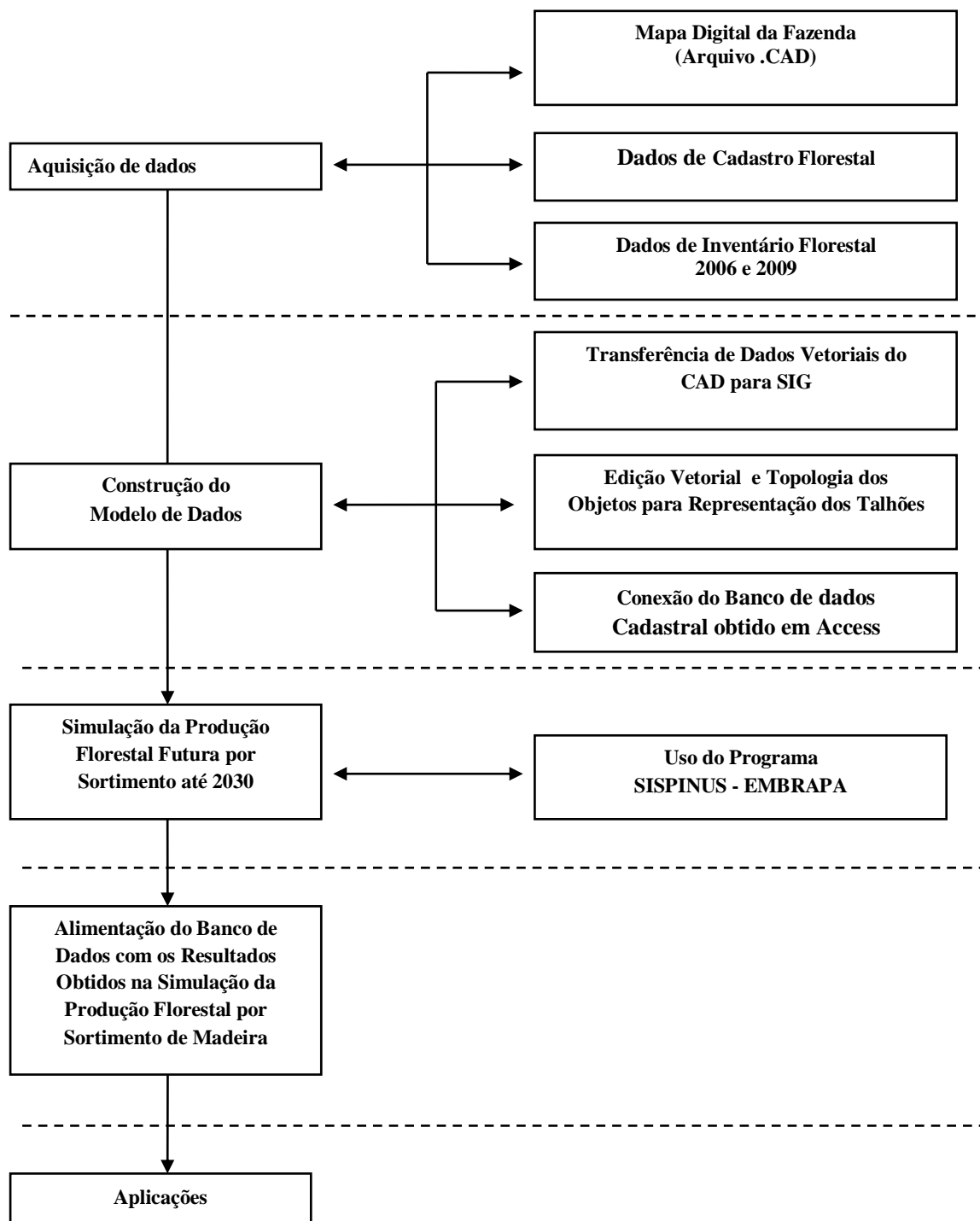


Figura 3: Fluxograma da sequencia operacional do trabalho para a construção do modelo de dados

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Posteriormente à realização da simulação da produção florestal por sortimento de madeira, foi implementado o sistema de informações geográficas conforme a estruturação apresentada na tabela 2.

Tabela 2: Estrutura do modelo de dados implementado, no banco de dados do sig.

Categoria no SIG	Tipo dentro do Modelo	Planos de Informações
Mapa Talhão	Mapa Tipo cadastral	Limite dos Talhões
Rede Viária	Mapa Tipo rede	Estradas
Talhões	Objeto Tipo Espacial	
Mapa Talhão	Mapa Tipo Objeto	

Após a alimentação do banco de dados do modelo implementado no sistema de informações geográficas, foram realizadas diversas consultas para atender ao planejamento de gestão florestal. A seguir, são apresentadas algumas das principais consultas simuladas neste estudo e que atendem às necessidades do dia-a-dia da empresa.

De posse do sistema de informações geográficas alimentado com as informações obtidas da simulação da produção por sortimento de madeira e levando em conta as características do uso múltiplo no beneficiamento, pré-definidas pela empresa, foram realizadas consultas por agrupamento de objetos (unidades produtivas ou talhões) conforme a sua produção total e por sortimento ao ano.

Na Figura 4 é apresentada toda a produção espacializada para corte no ano de 2013, primeiro ano da simulação, evidenciando os talhões definidos para desbastes (d) aos 12, 13 e 14 anos e cortes rasos (CR) aos 18, 19, 20, 21 e 22 anos da rotação.

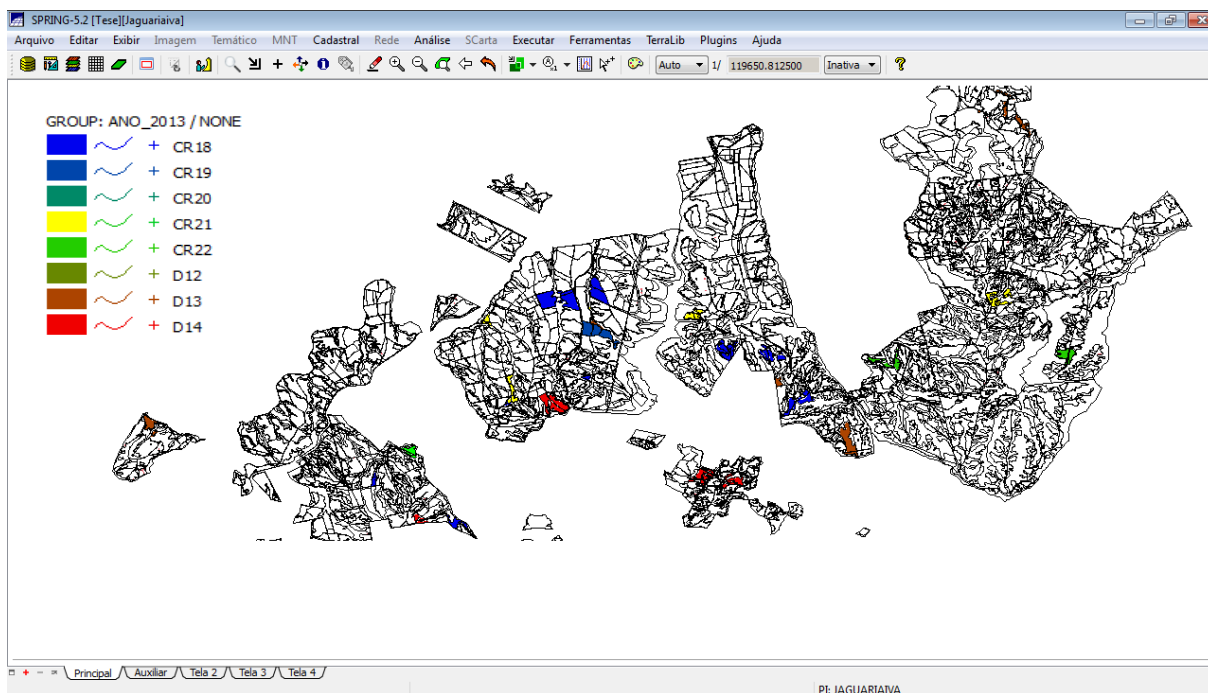


Figura 4: Tela do aplicativo mostrando o resultado espacial da consulta para a produção espacializada para desbaste e corte raso, no ano de 2013 por talhão.

Da mesma forma, nas Figuras 5, 6, 7 e 8, são apresentadas as produções espacializadas para corte nos anos de 2014, 2015, 2016 e 2017, indicando os talhões planejados para desbastes (d) e aqueles destinados a corte raso (CR). A visualização destes resultados já proporcionam uma ideia da redistribuição dos talhões em relação às intervenções programadas para cada ano e para um período de 2014 até 2017. Desta forma, é possível projetar uma ordenação florestal para vários anos, de modo que as várias operações necessárias à colheita e ao escoamento da produção possam ser planejadas com antecedência.

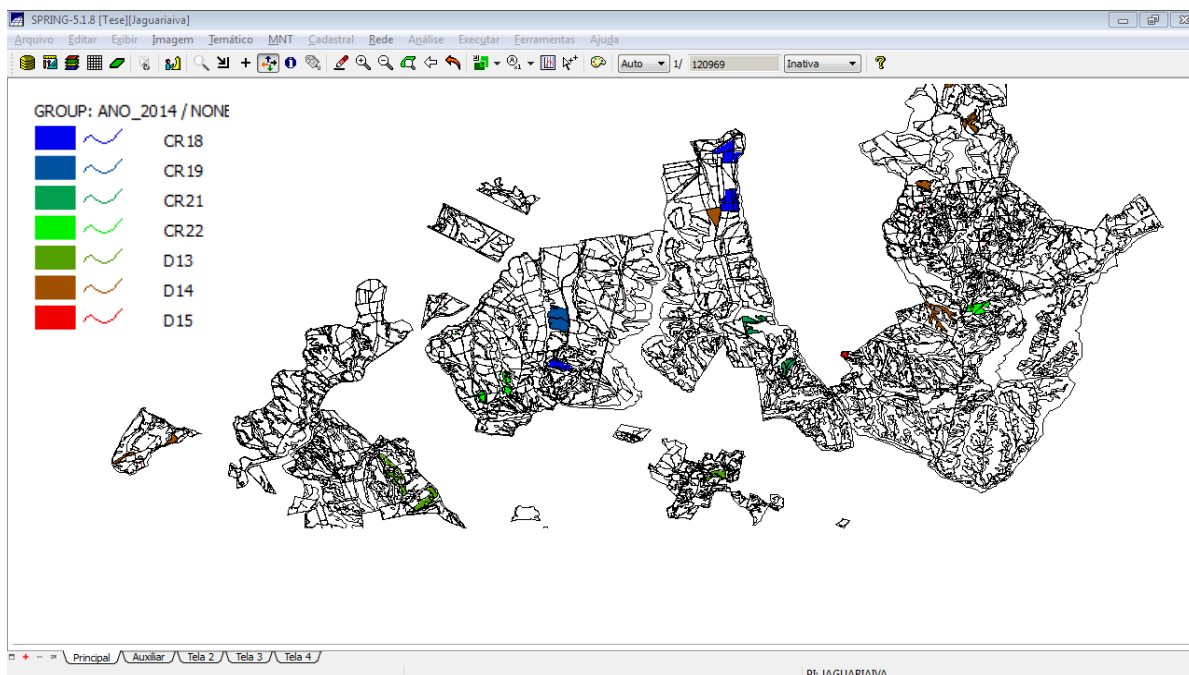


Figura 5: Tela do aplicativo mostrando o resultado espacial da consulta para produção espacializada para desbastes e corte raso, no ano de 2014 por talhão.

Conforme Burrough (1998), o sistema de informações geográficas é fundamental num processo de espacialização, na possibilidade de prover análises e modelagens tempo-espaciais.

Neste caso específico, nas Figuras 5, 6, 7 e 8 são apresentadas as simulações modeladas por unidade produtiva (talhão) e por ano, conforme o tipo de intervenção, desbaste (d) ou corte raso (CR), ainda indicando o ano em que a intervenção deve ocorrer no talhão mostrado na representação espacial resultante da consulta. Desta forma, no modelo exemplificado pela Figura 5, são apresentados os talhões onde foram programadas a intervenções silviculturais de desbaste aos 13, 14 e 15 anos e corte raso aos 18, 19, 21 e 22 anos. Assim, pode-se representar espacialmente a ordenação da produção florestal da empresa.

Na Figura 6, são apresentas a simulação modelada por talhão para o ano de 2015, de maneira semelhante ao da Figura 5, com desbastes ocorrendo nas idades de 13, 14 e 15 anos, e corte raso aos 18, 19, 20, 21 e 22 anos.

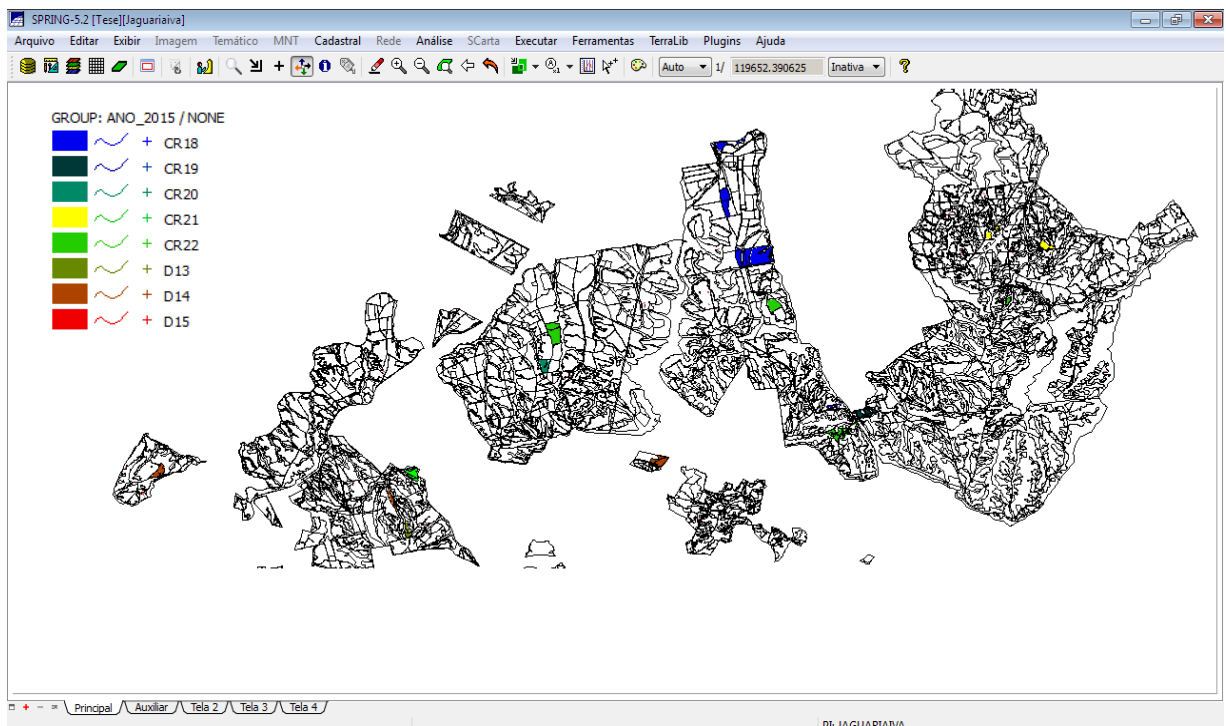


Figura 6: Tela do aplicativo mostrando o resultado espacial da consulta para produção espacializada para desbastes e corte raso, no ano de 2015 por talhão.

A figura 7 mostra especialmente as intervenções programadas para ocorrer para no ano de 2016, dentro do projeto Jaguaraiá, sendo desbastes em talhões com 13 e 15 anos e corte raso em talhões com 18, 20, 21 e 22 anos.

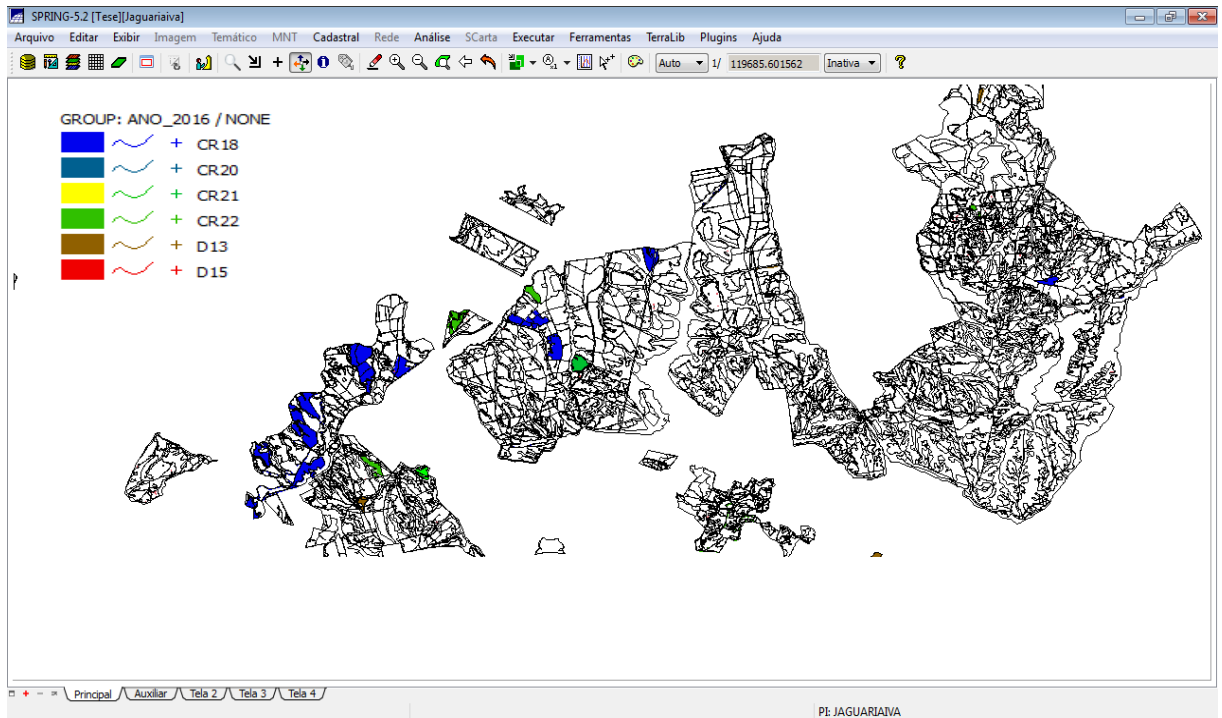


Figura 7: Tela do aplicativo mostrando o resultado espacial da consulta para produção espacializada para corte, debates e corte raso, no ano de 2016 por talhão.

Da mesma forma, na Figura 8 são mostra os talhões com intervenções programadas sendo desbaste em talhões com 13 anos e corte raso em talhões com 18, 21, 22 anos, para serem executadas no ano de 2017.

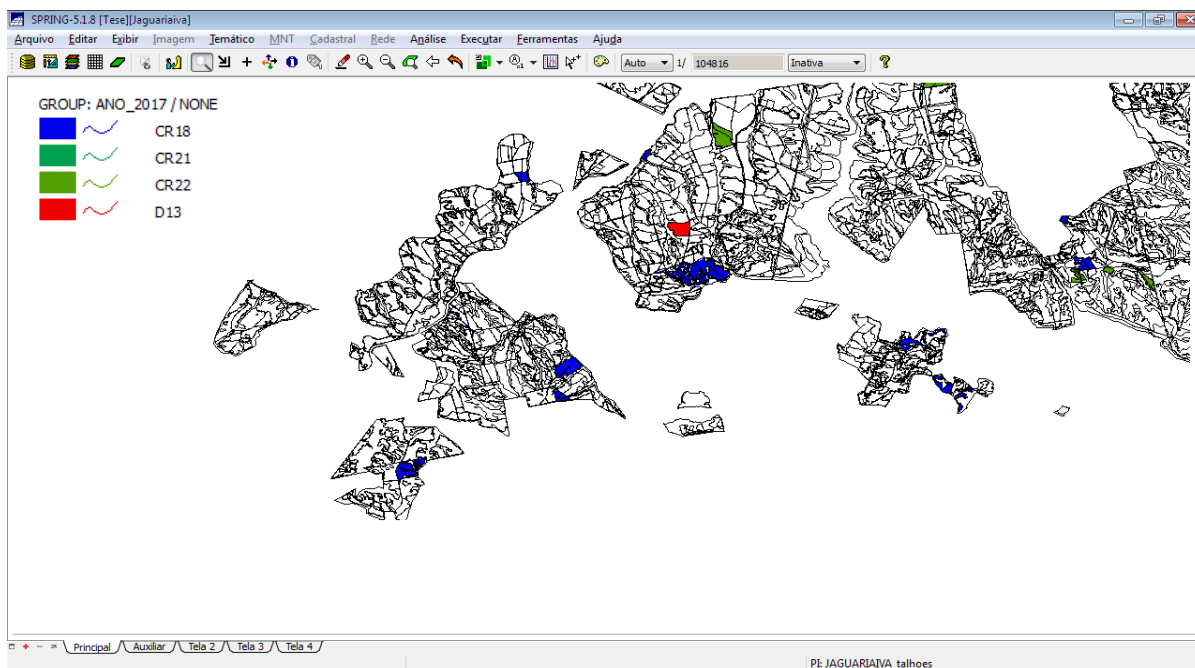


Figura 8: Tela do aplicativo mostrando o resultado espacial da consulta para produção espacializada para corte, desbates e corte raso, no ano de 2017 por talhão.

Um sistema de predição presente e futura da produção, baseado em algumas das funções de distribuição, é imprescindível para definir antecipadamente estratégias de manejo dos povoamentos florestais. Estes sistemas possibilitam prognosticar o crescimento e a produção florestal, inclusive dos múltiplos produtos da madeira. (SCOLFORO; THIERSCHI apud STEPKA, 2011).

Para otimizar a produção florestal e atender às exigências e necessidades do mercado consumidor é importante ter um bom planejamento das florestas, por meio do controle de sua produção e distribuição espacial, periodicamente. Ressalta-se que na grande maioria das empresas de base florestal, já são bastante conhecidos os processos para diagnosticar a produção presente e futura. Entretanto, conforme Assis *et al.* (2002), principalmente sob o ponto de vista de planejamento da produção de grandes empresas do setor florestal, onde passa a ser fundamental garantir o fluxo contínuo de matéria-prima e a viabilidade econômica desta atividade.

Conforme Santana (2002), o atual contexto de planejamento florestal no Brasil exige sistemas de prognose da produção versáteis e eficientes, capazes de gerar estimativas confiáveis da produção futura para as plantações existentes, simular tabelas de produção para os novos plantios e prescrições de manejo ao longo das rotações.

Uma das maneiras de avançar nesse processo é obtendo a prognose da produção por sortimento de madeira espacializada nas diferentes unidades de produção da empresa. Desta forma, pode-se tornar o processo de ordenamento e gestão florestal da empresa mais eficiente, facilitando a tomada de decisão sobre atividades de colheita, manutenção de estradas e aceiros, planejamento e escoamento da produção.

Nesse sentido, não somente o dimensionamento da produção por diferentes sortimentos de madeira, mas também a real distribuição espaço-temporal, ou seja, a organização espacial da produção florestal deve ser conhecida e de fácil e rápida visualização. Assim, o planejamento de toda a logística de colheita e transporte já pode ser planejado e operacionalizado, seja através da abertura de novas estradas ou a manutenção das já existentes.

Outro fator importante na prognose da produção é a programação de quando deverá ocorrer os desbastes. Segundo Dias (2005), a aplicação de desbaste pode resultar na produção de árvores de grande porte, se houver melhor distribuição de fatores de crescimento, como água, luz e nutrientes para as árvores previamente selecionadas, como a garantia de aumento de qualidade da madeira, o que possivelmente ira agregar valor a estas.

Com o uso das ferramentas de um sistema de informações geográficas é possível visualizar em tempo real onde e quando cada intervenção deve acontecer, possibilitando assim um melhor planejamento da atividade, o que é de grande importância para o múltiplo uso e uma melhor qualidade da madeira. Na tabela 3 são mostrados quais os talhões e os anos em que as atividades de desbaste devem ocorrer.

Tabela 3: Ordenação dos talhões para intervenção de desbaste e corte raso para os anos de 2013 a 2017, segundo o que foi mostrado nas figuras 4, 5, 6, 7 e 8.

TABELA DE PRODUÇÃO POR TALHÕES									
ANO	D12	D13	D14	D15	CR18	CR19	CR20	CR21	CR22
2013	021128-1	020065-1	020086-1		020166-1	020220-1	020356-1	020251-1	020700-1
	021130-1	020162-2	020105-1		020168-1		020369-1	020252-1	020255-1
		020299-2	020107-1		020172-1			020253-1	020571-1
		020390-1	020234-1		020180-1			020258-1	020761-1
		020394-2	020757-1		020182-1			020268-1	020763-1
		020396-2	020899-1		020196-1			020276-1	020764-1
		020398-1	020908-1		020197-1			020340-1	021141-1
		020971-1	020916-1		020218-1			020387-1	
		021026-1	020926-1		020225-1			020614-1	
		021027-1	020928-1		020382-1			020620-1	
		021028-1	020929-1		020383-1				
		021029-1	020934-1		020388-1				
		021030-1	020935-1		020748-1				
		021035-1	020935-1		020909-1				
		021037-1	020937-1		020910-1				
		021038-1	020937-1		021006-1				
		021039-1	020943-1		021013-1				
		021045-1			021014-1				
		021131-1							
		021172-1							
	021971-1								
ANO	D12	D13	D14	D15	CR18	CR19	CR20	CR21	CR22
2014		020055-2	020784-1	020766-1	020221-1	020181-1		020343-1	020254-1
		020239-2	020913-1		020779-1			020346-1	020257-1
		020492-1	020914-1		020780-1			020361-1	020260-1
		020865-2	0209151		020781-1			020362-1	020262-1
		020928-1	020917-1		020782-1			020370-1	020264-1
		021060-2	020935-1					020576-1	020266-1
		021126-1	020963-1						020272-1
		021136-1	020964-1						020615-1
		021159-1	020965-1						
		021163-1	020966-1						
		021164-1	020973-1						
		021190-1	021031-1						
			021036-1						
			021046-1						
			021055-1						
			021082-1						
			021127-1						
		021170-1							
		021173-1							
		021176-1							
ANO	D12	D13	D14	D15	CR18	CR19	CR20	CR21	CR22
2015		020046-1	020298-1	020975-1	020072-1	020227-1	020170-1	020534-1	020171-1
		020056-1	020310-1	021054-1	020073-1	020754-1	020911-1	020557-1	020275-1
		020057-1	020848-1		020786-1	020755-1	021010-1		020330-1
		020962-1	020961-1		020787-1				020358-1
		021101-1	021080-1		020796-1				020375-1
		021165-1	021081-1		020797-1				020582-1
		021194-1	021085-1		020800-1				020602-1
			021124-1		020801-1				020629-1
			021125-1		020805-1				
			021158-1		020806-1				
			021167-1						
		021174-1							
		0211871							
ANO	D12	D13	D14	D15	CR18	CR19	CR20	CR21	CR22
2016		020329-2		021157-1	020065-1		020790-1	020169-1	020175-1
		020350-2			020071-1		020795-1	021148-1	020176-1

Tabela 03 cont.

ANO	D12	D13	D14	D15	CR18	CR19	CR20	CR21	CR22
2016		020960-1			020090-1				020177-1
		021015-2			020091-1				020446-1
		021016-2			020098-1				020571-1
		021244-2			020104-1				020589-1
					020110-1				021005-1
					020226-1				
					020228-1				
					020232-1				
					020236-1				
					020526-1				
					020848-1				
					020852-1				
					020853-1				
					020855-1				
					020857-1				
					020859-1				
					020862-1				
					020864-1				
					020868-1				
					020871-1				
					020874-1				
					020876-1				
					020878-1				
					020879-1				
					020881-1				
					020882-1				
					020885-1				
				020889-1					
				020900-1					
				021231-1					
ANO	D12	D13	D14	D15	CR18	CR19	CR20	CR21	CR22
2017		020049-2			020107-1			020783-1	020747-1
		020127-2			020947-1				020260-1
					020766-1				020380-1
					020105-1				020798-1
					020240-1				020179-1
					020099-1				020749-1
					020234-1				020750-1
					020953-1				020751-1
					020908-1				020260-1
					020899-1				020222-1
					020927-1				020173-1
					020939-1				020223-1
					020102-1				020380-1
					020082-1				020381-1
					020888-1				
					021162-1				
					020235-1				
					020758-1				
					020944-1				
					020941-1				
					020942-1				
					020927-1				
					021130-1				
					020957-1				
					020940-1				
					020086-1				
					020927-1				

Tabela 03 CONT

ANO	D12	D13	D14	D15	CR18	CR19	CR20	CR21	CR22
2017					020237-1				
					020113-1				
					020930-1				

As empresas que produzem matéria-prima florestal devem conciliar a sua produção com a demanda de mercado dos diferentes tipos de produtos, como madeira para serraria, laminação, celulose ou energia. Diante disso, estas empresas necessitam de um planejamento florestal de curto, médio e longo prazos, para poderem adequar a sua base de recurso florestal com às exigências do mercado e de matéria-prima, visando o máximo retorno financeiro, tornando assim necessário o conhecimento da produção futura anteriormente à realização dos cortes (RODOVANSKI, 2003).

A produção por sortimento de madeira é a forma mais adequada para a empresa florestal maximizar os lucros, e com um planejamento de longo prazo é possível, por meio de tratamentos silviculturais e intervenções realizadas nas unidades produtivas, direcionar os plantios para um aumento do sortimento que apresenta maior rentabilidade financeira no momento, possibilitando ao gestor programar as atividades a serem realizadas para a condução dos povoamentos, visando o maior retorno monetário.

Conforme a mesma legenda de cores utilizada nas Figuras 4, 5, 6, 7 e 8, na Tabela 04 mostra de acordo com a forma utilizada pela empresa em questão, a produção por sortimento de madeira (processo, serraria 1, serraria 2, laminação) nas unidades produtivas (talhões) para os anos de 2013 a 2017.

Tabela 4: Produção florestal por sortimento de madeira do ano de 2013 a 2017, conforme as figuras 4, 5, 6, 7, 8.

CLASSE DE PRODUÇÃO POR SORTIMENTO (VOL/M³)						
ANO	TALHÃO	PROCESSO	SERRARIA 1	SERRARIA 2	LAMINAÇÃO	TOTAL
2013	021128-1	54,1	56,1	6,1	0,0	124,7
	021130-1	52,4	57,6	8,1	0,0	126,4
	020299-2	65,9	24,6	0,2	0,0	97,6
	020390-1	64,9	46,8	1,6	0,0	121,3
	020394-2	39,8	34,3	2,3	0,0	81,0
	020396-2	42,6	35,9	2,2	0,0	85,9
	020398-1	53,7	50,3	4,1	0,0	114,5
	020971-1	59,8	32,9	0,6	0,0	100,4
	021027-1	79,1	61,1	10,0	0,0	160,6
	021028-1	55,5	56,7	19,4	0,0	139,5
	021029-1	64,4	53,6	9,2	0,0	134,9
	021030-1	67,5	53,5	8,4	0,0	137,4
	021035-1	52,3	51,2	57,3	0,0	166,7
	021037-1	49,6	56,3	49,7	0,0	162,7
	021038-1	51,2	55,1	50,5	0,0	163,2
	021039-1	56,5	48,2	62,9	0,0	170,9
	021045-1	119,3	126	27,7	0,0	292,1
	021172-1	59,3	47,1	1,5	0,0	115,4
	021971-1	59,8	32,9	0,6	0,0	110,4
	020086-1	49,6	58,7	35,6	0,0	149,1
	020105-1	58,3	64,0	26,0	0,0	155,9
	020107-1	64,8	88,2	5,3	0,0	164,6
	020234-1	67	78,4	51,9	0,0	207,4
	020908-1	65,8	63,6	55,9	0,0	191,4
	020916-1	52	71,6	5,8	0,0	134,9
	020928-1	65,6	76,5	26,5	0,0	178,8
	020929-1	64,8	79,4	40,1	0,0	194,8
	020935-1	59,5	70,1	48,4	0,0	186,6
	020937-1	47,5	60,7	29,8	0,0	145,7
	020943-1	56,9	82,4	10,1	0,0	154,9
	020166-1	41,3	56,1	173,2	0,4	276,8
	020168-1	39,9	53,4	180,4	0,8	279,6
	020180-1	29,2	52,5	229,6	16,1	334,3
	020182-1	42,1	51,9	187,8	0,7	287,7
	020196-1	38,9	57,7	197,3	3,2	301
	020197-1	34,7	55,1	206,5	6,1	307,9
	020218-1	41,4	51,8	187,7	0,8	287
	020225-1	41,9	51,9	187,8	8	287,6
	020382-1	41,6	60,8	119	0,0	228,1
	020383-1	41	61,4	119,9	0,0	230,3
	020388-1	50,5	68,4	76,9	0,0	202,4
	020748-1	46,1	66,1	93,0	0,0	212,8
	020909-1	40,3	65,1	135,2	0,4	247,1
	020910-1	40,5	58,3	135,5	0,0	239,5
	021013-1	40,1	64,7	0,6	0,0	252,4
	021014-1	37,5	69,7	145,6	0,0	257,4
	020220-1	28,3	51,8	233,9	19,6	340,2
	020356-1	62,3	108,7	127	0,0	307,8
	020369-1	90,1	123,5	109,9	0,0	333,5
	020251-1	50,5	74,8	223,8	1,5	358,9
020252-1	43,1	67,2	229,9	4,6	351,1	
020253-1	40,1	63,4	229,1	6,7	345	
020268-1	44,4	67,9	220,8	2,9	343,4	
020276-1	34,7	59,8	225,8	8,9	337,1	
020340-1	79,8	130,3	116,0	0,0	337,1	
020614-1	86,5	119,9	149,2	0,0	365,6	
020620-1	48,8	72,6	173,7	0,0	301,6	

Tabela 04 cont.

ANO	TALHÃO	PROCESSO	SERRARIA 1	SERRARIA 2	LAMINAÇÃO	TOTAL
2013	020700-1	39,6	61,2	183,4	0,4	306,1
	020255-1	53,8	53,5	253,1	2,9	377,8
	020764-1	35,3	74,8	217,1	14,8	326,5
	021141-1	39,6	0,0	163,2	0,2	284,7
ANO	TALHÃO	PROCESSO	SERRARIA 1	SERRARIA 2	LAMINAÇÃO	TOTAL
2014	020055-2	59,7	38,1	0,4	0	106,9
	020239-2	56,5	76,8	28	0,0	169,5
	020492-1	58,9	53,4	3,2	0	121,5
	020865-2	62,7	48,4	5	0	124,9
	020928-1	65,6	76,5	26,6	0	178,8
	021060-2	51,1	68,2	20,3	0	145,8
	021126-1	58,8	55,1	7,9	0	130,1
	021136-1	59,8	36,8	0,4	0	105,9
	021159-1	55,4	63,5	12,9	0	139
	021163-1	61	54,1	6,4	0	129
	021164-1	61,2	52,3	5,9	0	127,3
	021190-1	59,9	46,1	1	0	115,1
	020784-1	41,5	59,5	129,6	0	237
	020913-1	68	59,3	11,5	0	144
	020914-1	69,8	57,2	10,2	0	142,5
	020915-1	52	71,8	5,6	0	134,8
	020917-1	57,9	57,7	2,2	0	121,9
	020935-1	59,5	70,1	48,4	0	186,6
	020963-1	83,6	51,8	1,5	0	147,7
	020964-1	55,9	63	2,6	0	125,6
	020965-1	54,3	69,9	5	0	134,4
	020966-1	51,6	73	4,6	0	133,6
	020973-1	62,8	49	0,9	0	117,6
	021031-1	55,3	61,8	26,3	0	150,6
	021036-1	34,2	77,5	62,8	0	179,2
	021046-1	75,8	81,5	25	0	187,7
	021055-1	58,7	56,3	1,4	0	121,1
	021082-1	63,9	60,4	15,4	0	143,9
	021127-1	69,9	46,9	5,1	0	125,5
	021170-1	68,3	55,6	10,6	0	139,4
	021173-1	65,3	40,2	0,6	0	111,4
	021176-1	56,5	61,5	2,4	0	124,6
	020766-1	65,7	48	1,2	0	120,8
	020221-1	41	50,3	192,9	1,2	290,4
	020780-1	40,6	59,4	127,4	0	234,4
020781-1	41	59	130,3	0	236,5	
020782-1	45,1	64,5	101	0	217,9	
020181-1	34,1	36,7	265,6	15,6	356,9	
020346-1	33,8	35,1	205,4	26,4	305,9	
020361-1	57,1	87,4	191,9	0,0	344,3	
020362-1	80,7	108,9	113,7	0	313,1	
020370-1	98,3	125,1	103,2	0	338,8	
020576-1	70	97,9	135,9	0,0	312	
020254-1	35,5	59,3	278,9	37,2	418,2	
020257-1	48,7	73,6	257,4	6,9	394,5	
020260-1	44,4	68,4	265	13,4	397,9	
020262-1	60,3	68,1	259,8	2	396,9	
020264-1	46,1	70,1	253,1	8,4	385,1	
020266-1	32,7	53,8	256,9	37,1	387,1	
020272-1	42,6	66,4	274,5	19,5	409,7	
020615-1	39,6	46,4	222,9	0	322,2	
ANO	TALHÃO	PROCESSO	SERRARIA 1	SERRARIA 2	LAMINAÇÃO	TOTAL
2015	020046-1	54,2	85,5	2,2	0	148,2
	020056-1	44,9	77,6	18,1	0	150,2
	020057-1	55,3	61,1	12,6	0	135,9
	020962-1	47,7	56,4	56,2	0	165,7
	021101-1	58,9	55	3,4	0	122,9
	021165-1	50,2	87,2	10,2	0	150,6

Tabela 04 cont.

ANO	TALHÃO	PROCESSO	SERRARIA 1	SERRARIA 2	LAMINAÇÃO	TOTAL
2015	021194-1	56,7	55,7	3,6	0	123,8
	020298-1	63,9	19,6	0,2	0,0	90,8
	020310-1	69,7	51,8	7,5	0	134
	020848-1	49,6	63,4	14,2	0	136,7
	020961-1	40,2	58,8	89,7	0	195
	021080-1	53,6	84,6	14	0	157,7
	021081-1	59,6	87,7	4,2	0	156,4
	021085-1	60,1	51,4	1,2	0	117,3
	021124-1	62	47,1	1	0	114,8
	021125-1	62,2	46,6	1	0	114,3
	021158-1	59,2	51,8	1,4	0	116,8
	021167-1	66,9	30,4	0,2	0	104,7
	021174-1	61,8	47,7	1	0	115,2
	021187-1	60,5	49,5	1,2	0	115,7
	020975-1	49,5	81,8	18,7	0	156,4
	021054-1	49,7	79,6	14,3	0	150
	020072-1	44,9	66,6	106,3	0	223,3
	020073-1	45,6	65,1	95,2	0	213,2
	020786-1	40,7	59	138,9	0	234,6
	020787-1	34,9	69,8	142,9	0	254,6
	020796-1	40,8	58,2	164,1	0,3	269,4
	020797-1	40,1	58,2	134,2	0	237,7
	020800-1	45,4	64,8	96,7	0	214,1
	020801-1	38,9	57,7	137,4	0	239,9
	020806-1	48,9	66,2	87	0	207,9
	020754-1	36,9	50,9	205,3	0,8	298,2
	020755-1	40,4	52,6	179,1	0	277,9
	020911-1	45	54,9	179,1	0,2	284,6
	021010-1	39,2	51,6	211,2	1,4	309,6
	020534-1	34,3	59,2	229	10,4	340,5
	020557-1	73,6	126,9	175,9	0	385,9
	020171-1	34,7	55,1	258,8	15,6	370,4
020275-1	45,3	51,1	293,5	44,1	441,7	
020330-1	71,4	11,6	148,1	0	341,2	
020358-1	84,2	117,2	199,2	0	411,5	
020375-1	63	71	266,4	1,8	409,2	
020582-1	170,4	211,8	109,7	0	510,5	
020602-1	105,2	135,3	115,7	0	368,1	
020629-1	88,7	118,5	158,6	0	375,1	
ANO	TALHÃO	PROCESSO	SERRARIA 1	SERRARIA 2	LAMINAÇÃO	TOTAL
2016	020329-2	59,2	46,6	1,3	0	113,5
	020350-2	59	43,8	1,1	0	110,8
	020960-1	44,3	65,3	78,6	0	192,8
	021015-2	59,5	45,8	1,1	0	112,8
	021016-2	59,5	47,6	1,4	0	115,5
	021244-2	60,8	50,7	6,2	0	126,8
	021157-1	51,2	74,9	9,6	0	141,8
	020071-1	44,1	62,9	109,8	0	223,8
	020090-1	42,8	61,3	118,4	0	229,2
	020091-1	42,1	60,7	121,8	0	230,8
	020098-1	41,8	59,7	182,2	0	236,1
	020104-1	38,8	62,8	161,1	1,6	270,2
	020110-1	40,6	51,9	186,6	0,9	285,5
	020226-1	35,9	55,4	212,1	3,9	313,7
	020228-1	41,6	56,7	171,9	0,3	276,6
	020232-1	39,1	63	160	1,6	269,8
	020236-1	40,7	48,3	199,5	1,6	294,9
	020526-1	41,8	59,9	125,7	0	233,6
	020848-1	49,6	63,4	14,2	0	136,7
	020852-1	35,8	55,3	216,9	3,6	317,6
020853-1	34,1	55,3	224,7	6,1	325,5	
020855-1	33,3	55	228,3	7,9	329,5	
020857-1	33,2	54,5	229,6	9,4	331,6	
020859-1	40	55,9	206,6	3	309,1	

Tabela 04 cont

ANO	TALHÃO	PROCESSO	SERRARIA 1	SERRARIA 2	LAMINAÇÃO	TOTAL
2016	020862-1	41,2	56,6	171,3	0,3	275,2
	020864-1	41	56,6	171,3	0,3	275,2
	020868-1	40,6	55,9	206,3	2,5	308,8
	020871-1	37,6	59,5	180,8	5,1	287,5
	020874-1	36,1	56,1	205,5	3,9	308
	020876-1	40,2	50,1	192,9	1,4	286,6
	020878-1	35,3	55	215,2	4,9	316,5
	020879-1	41,9	44,9	207,6	1,3	300,1
	020881-1	40,4	50,7	190,3	1,1	287,5
	020882-1	41,5	52	187,1	0,8	286,7
	020885-1	40,6	52,4	185,5	0,9	284,5
	020900-1	40,9	40,3	229,9	2,1	310,3
	020790-1	49,6	59,4	149,3	0	263,6
	020795-1	43,6	54,6	181,3	0,3	285
	020169-1	37,5	47,8	242,5	10,2	344,6
	021148-1	45,7	56,7	183,9	0,4	293
	020175-1	38,2	62,5	229,3	4	339,7
	020176-1	41	56,5	242,4	7,4	352,3
	020177-1	37,8	61,5	234,6	5,3	344,4
	020446-1	38,8	56,4	249,1	9,3	359,5
020571-1	70,3	98,3	274,2	0,5	452,6	
020589-1	88	99,7	306,4	0,6	505,2	
021005-1	121,6	154,4	129	0	419,1	
ANO	TALHÃO	PROCESSO	SERRARIA 1	SERRARIA 2	LAMINAÇÃO	TOTAL
2017	020049-2	53,2	63,8	15,6	00	139,1
	020107-1	42,5	57,1	172	0,2	278
	020947-1	42,4	50	193,7	0,9	292
	020105-1	42,3	57,4	170,7	0,2	276,8
	020240-1	41,4	51,6	188,5	0,9	287,5
	020099-1	41,9	51,2	190,1	0,8	289,1
	020234-1	44	49,9	192,2	0,5	291,5
	020953-1	34,5	69,3	146	0	257,1
	020908-1	43	45,7	204,3	0,0	298,2
	020899-1	40,2	56,9	183,1	1,3	289
	020927-1	42	50,2	193	0,9	291,2
	020939-1	41,2	44,8	209,5	1,8	301,7
	020102-1	40,9	56,4	171,3	0,4	274,8
	020082-1	36,1	55,6	210	3,8	311,9
	020888-1	38,6	57,2	197,7	2,4	301,7
	020235-1	41,5	48	200,1	1,3	295,6
	020758-1	96,4	140,7	144,3	0	395
	020944-1	41,9	52,2	186,7	0,7	286,8
	020941-1	40,3	58,7	190,1	1,8	295,5
	020942-1	40,6	48,8	197,7	1,5	293,5
	020927-1	42	50,2	193	0,9	291,2
	020957-1	40,3	57,3	196,2	2,5	300,3
	020940-1	36,1	56,3	204,4	4,1	307,3
	020086-1	34,9	56,7	195,3	8,1	301,6
	020927-1	42	50,2	193	0,9	291,2
	020237-1	41,3	59,8	159,7	0	268
	020113-1	41,5	56,7	171,4	0,3	276
	020930-1	42,6	53,6	182,7	0,5	286,1
	020783-1	39	70,6	166,4	0	286,6
	020747-1	40,6	56,2	242,6	7,9	352,2
	020380-1	38,7	64,6	214,6	1,9	326,5
	020798-1	38,5	64	218,8	2,6	329,8
	020179-1	40,5	41,3	277,5	36,3	401
020749-1	38,3	63,6	220,3	2,9	330,8	
020750-1	38,4	63,6	221,5	2,9	332,3	
020751-1	39,4	66,6	201,8	1	315,6	
020222-1	38,6	63,5	224,7	3,1	335,8	
020173-1	36,1	55,8	253,5	11,5	364,6	
020223-1	32,9	53,8	272	23,3	387	
020380-1	38,7	64,6	214,6	1,9	326,5	
020381-1	35,9	52,2	250	12,1	360,1	

Uma das grandes limitações para o manejo dos povoamentos de *Pinus*, em sistema de alto fuste, tem sido a falta de informações sobre o crescimento e a produção das florestas.

O modelo de dados espacial implementado pode também ser consultado através de expressões lógicas matemáticas. Desta forma, consultas específicas podem ser construídas no sentido de obter as informações de modo mais direcionado possível.

Como exemplo, na Figura 9 é apresentada uma consulta para a seleção de talhões com povoamentos de *Pinus taeda* pertencentes à fazenda Jaguariaíva e que resulte em uma produção para o sortimento LAM (Laminação) com pelo menos 15 m³/ha no ano de 2013, conforme os sortimentos pré-definidos pela empresa de acordo com seu uso.

Sendo CG000007 a tabela onde foram alimentados os dados de cadastro e produção florestal, a consulta da Figura 9 foi construída através da seguinte expressão lógica:

Expressão Lógica
(Comentários)

CG000007->FAZENDA_CO = 'JAGUARIAIVA' .AND.

(Selecione na fazenda Jaguariaíva)

CG000007->ESPECIE = 'PINUS TAEDA' .AND.

(os talhões cuja espécie plantada seja *Pinus taeda*)

CG000007->LAM_2013 >= 15

(e que apresentem produção igual ou superior a 15 m³ /hectare para o sortimento laminação no ano de 2013)

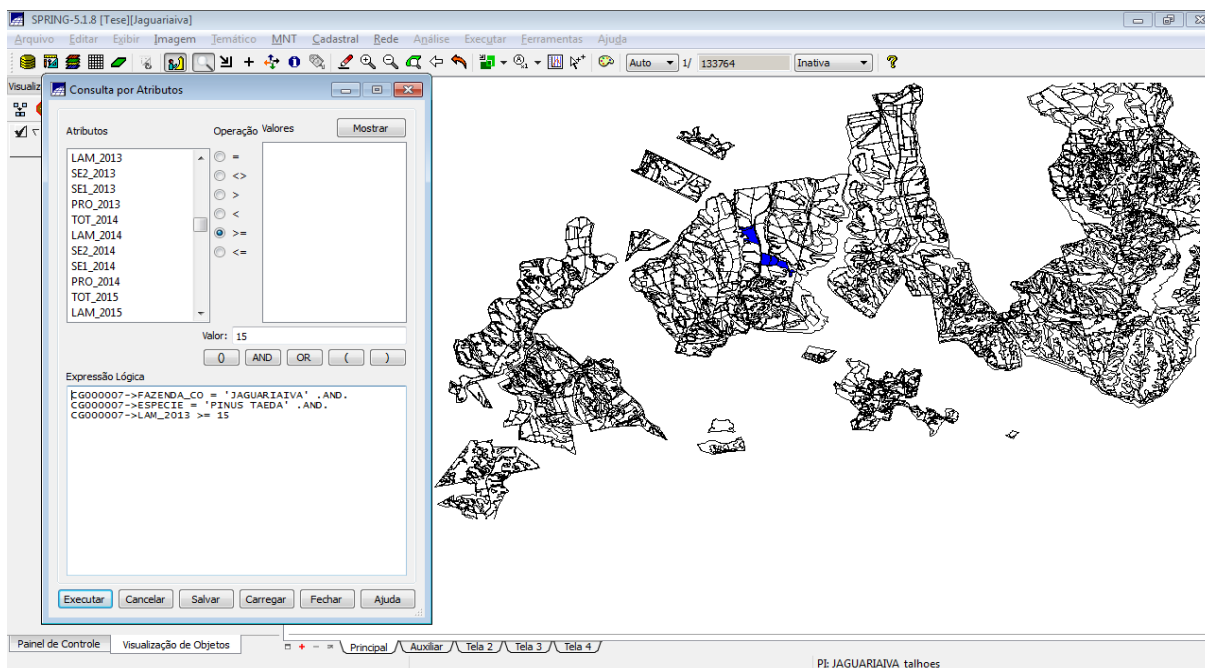


Figura 9: Tela do aplicativo mostrando o resultado espacial da consulta para produção da espécie *Pinus taeda*, na fazenda Jaguariaíva, no ano de 2013, acima de 15 m³/ha para o sortimento laminação.

Conforme a Figura 9, apenas dois talhões da fazenda Jaguariaíva apresentarão produção mínima de 15 m³/ha para o sortimento Laminação no ano de 2013. Desta forma, para atender a este segmento, o gestor já pode programar suas atividades relacionadas à melhoria ou manutenção dos acessos a estes talhões, como também programar as demais atividades de planejamento de colheita.

A seguir foi construída uma outra consulta através da seguinte expressão lógica:

Expressão Lógica (Comentários)

CG000007->ESPECIE = 'PINUS TAEDA' .AND.

(Selecione os talhões de plantios da espécie *Pinus taeda*)

CG000007->PRO_2016 >= 30

(e que apresentem produção igual ou superior a 30 m³ /ha para o sortimento Processo, para o ano de 2016).

Na Figura 10 é mostrada a distribuição dos talhões com plantios de *Pinus taeda* que apresentarão produção mínima de 30 m³/ha para o sortimento Processo, no ano de 2013.

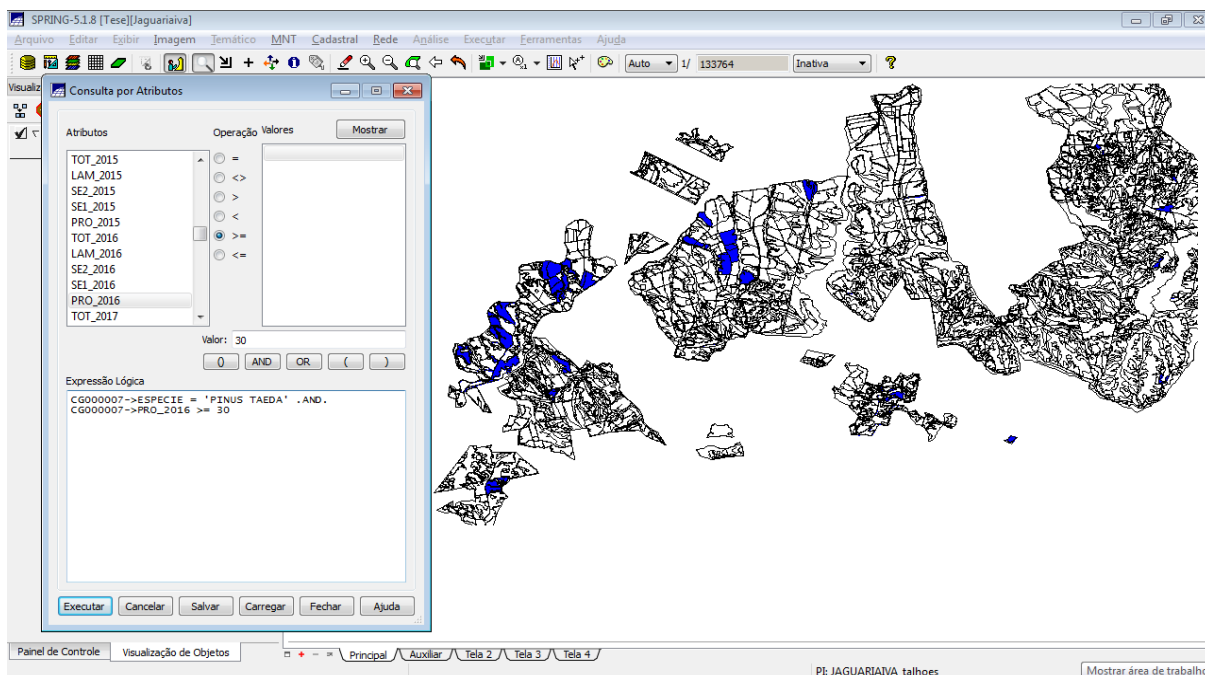


Figura 10: Tela do aplicativo mostrando o resultado espacial da consulta para Produção da espécie *Pinus taeda*, no ano de 2013, acima de 30 m³/ha para o sortimento processo.

A consulta da Figura 11 foi construída através da seguinte expressão lógica:

Expressão Lógica (Comentários)

CG000007->NUMEROPODA = 3 .AND.

(Selecione os talhões onde foi realizada a intervenção terceira poda)

CG000007->ESPECIE = 'PINUS TAEDA' .AND.

(e onde a espécie plantada seja *Pinus taeda*)

CG000007->SE2_2017 >= 180

(e cuja produção para o sortimento Serraria 2, seja igual ou superior a 180 m³/hectare)

Na Figura 11 é apresentada a distribuição dos talhões com produção da espécie *Pinus taeda*, para o ano de 2017, acima de 180 m³/ha para o sortimento Serraria 2, onde foi realizada a terceira intervenção de poda. Assim pode-se planejar a utilização da produção diferenciada destes plantios, pensando no valor agregado da produção de madeira livre de nós para serraria.

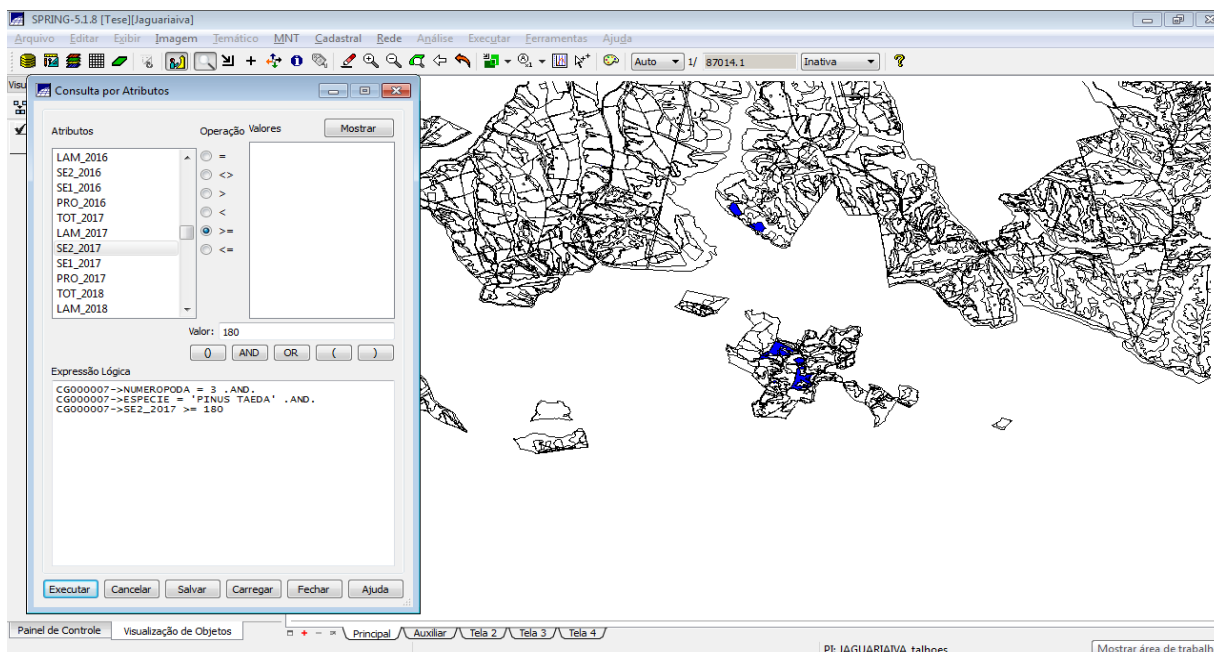


Figura 11: Tela do aplicativo mostrando o resultado espacial da consulta para produção da espécie *Pinus taeda*, no ano de 2017, acima de 180 m³/ha Para o sortimento Serraria 2, onde foi realizada a terceira intervenção de poda.

Com a utilização de um sig é possível planejar todas as intervenções que serão exercidas nas unidades produtivas ao longo de seu ciclo. A Figura 12 mostra uma consulta por expressão lógica, onde o objeto consultado é talhão de número 021124-1, digitando o número do talhão aparece uma legenda com todas as informações existentes. Para este tipo de consulta obtemos as informações das atividades que foram realizadas e as programadas para ocorrer no futuro para o talhão ao longo do horizonte de planejamento como segue:

- ocorreu um desbaste aos 9 anos, durante o ano de 2010;
- ocorrerá um desbaste aos 14 anos, durante o ano de 2015;
- ocorrerá corte raro aos 18 anos, durante o ano de 2019.

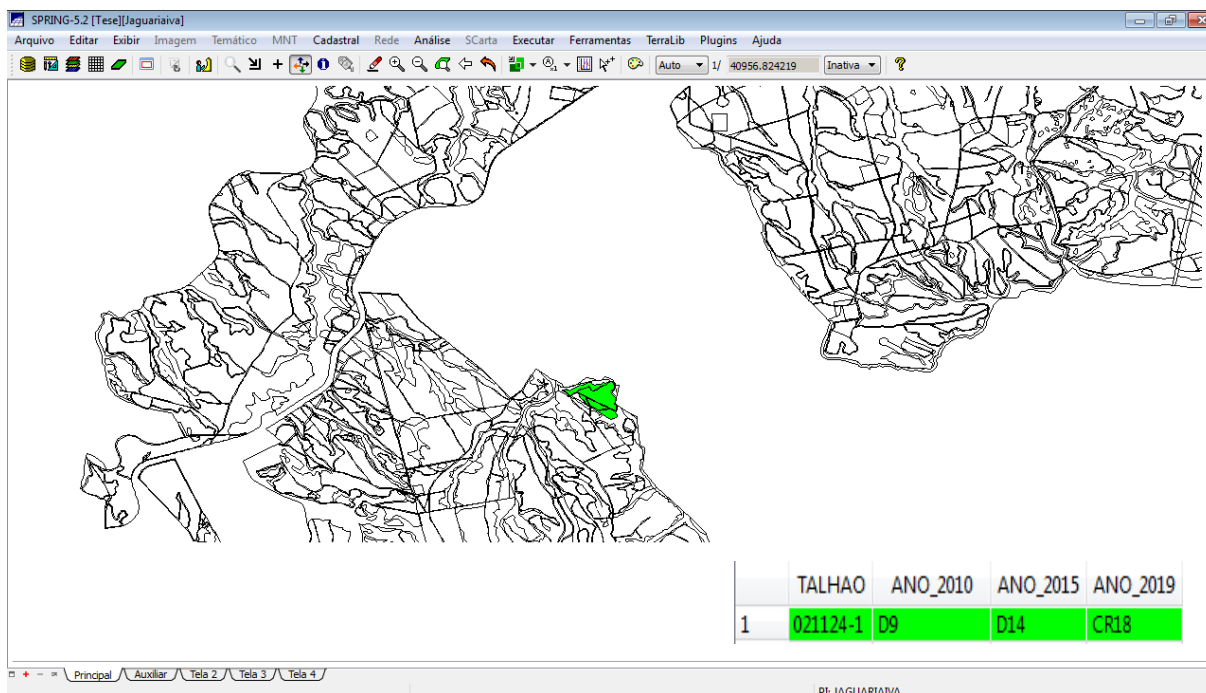


Figura 12: Talhão 021124-1 com as intervenções que foram e que devem ser realizadas, em seus respectivos anos.

Com esse tipo de informação da Figura 12, torna-se possível ao gestor florestal planejar em que ano as atividades de melhoria de estradas que dão acesso ao talhão devem ocorrer, planejar a ordem em que serão colhidos, evitando assim o deslocamento desnecessário, também é possível um planejamento em cima do produto que terá em determinado ano, madeira de desbaste ou de corte raso, sendo elas mais finas ou mais grossas, agregando maior ou menor valor, esta consulta é de fácil obtenção e possui uma alta eficácia no planejamento florestal.

Por meio da visualização das informações de produção por sortimento em gráfico do tipo pizza, é possível apresentar uma ideia do percentual de produção por talhão nos diversos anos da rotação. Na Figura 13 é apresentada uma consulta em que é possível visualizar os percentuais de produção por classe de sortimento para o ano de 2020.

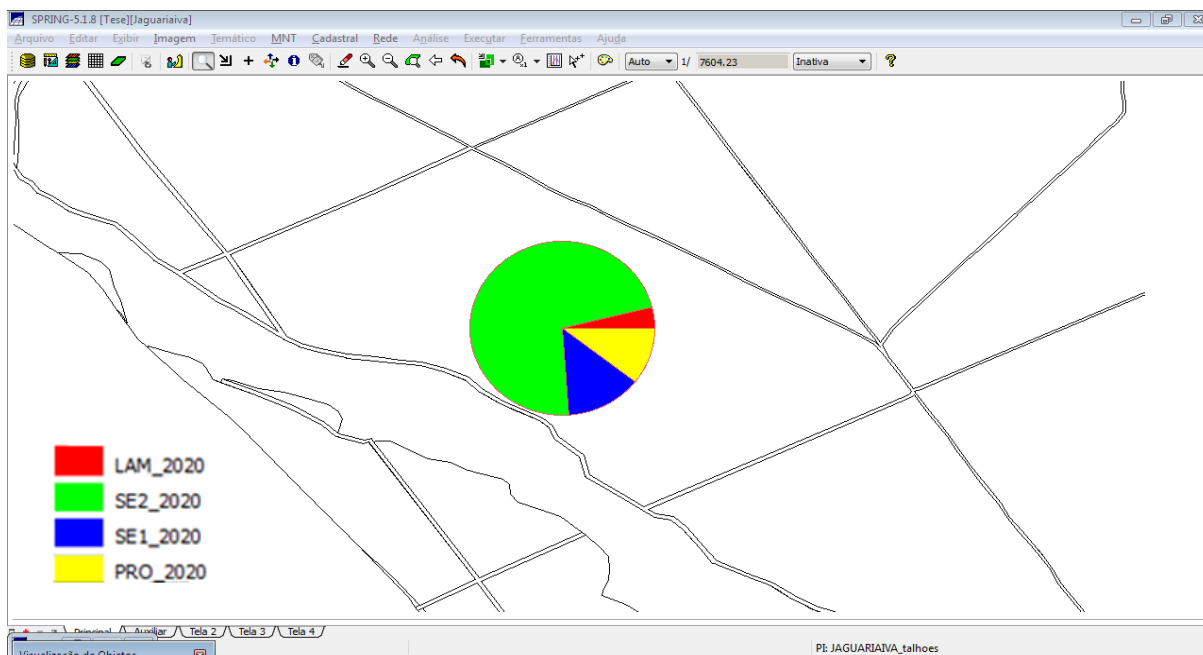


Figura 13: Resultado da consulta para a visualização dos percentuais de produção por classe de sortimento para o ano de 2020, evidenciando um talhão da fazenda Almas, do projeto Jaguariaíva.

O talhão representado na consulta da Figura 13 apresenta os seguintes valores de produção para o ano simulado conforme a Tabela 5.

Tabela 5: Quantidade e percentual de madeira existente no talhão da figura 15 para cada sortimento.

Sortimento	Produção (m ³ /ha)	% Produção
Processo (PRO)	37,2	10,56
Serraria 1 (SE1)	46,9	13,32
Serraria 2 (SE2)	254,7	72,34
Laminação (LAM)	13,3	3,78
TOTAL *	352,1	100%

* Valor efetivo do volume de madeira aproveitável

A consulta por gráfico do tipo pizza mostra de maneira prática e de fácil e rápida visualização, qual será a situação da unidade produtiva (talhão) para determinado ano. Wendling (2007) considera que a regulação florestal é o principal objetivo do manejo florestal. Trata-se de obter um planejamento de curto, médio e longo prazo, sendo possível

indicar quais árvores cortar, a quantidade e quando as intervenções por desbastes e corte final devem ocorrer.

Deve-se levar em conta que gerenciar uma unidade de produção requer elevado fluxo de informação, apresentando dificuldades para de alocar, organizar, detalhar e interpretar dados. Nas consultas realizadas neste trabalho é demonstrado o potencial de um SIG como ferramenta na gestão florestal, pois a análise espacial e a tomada de decisão é expressa de forma eficiente e ágil, auxiliando o gestor florestal na tomada de decisão.

6. CONCLUSÕES

A partir de dados de inventário florestal de uma empresa, tratados em um simulador de crescimento, além de dados cartográficos sobre as fazendas e unidades produtivas editados em um SIG, é possível implementar um modelo de dados espacial em ambiente de sistema de informações geográficas de domínio público, que possibilita a integração entre a produção florestal simulada por sortimento de madeira para o presente e para o futuro nas diversas fazendas e talhões florestais por 30 anos de simulação sendo possível através do ambiente sig mostrar essas simulações de maneira espacializada.

A estruturação do modelo de dados espacial baseada em um aplicativo de domínio público é perfeitamente aplicável a uma empresa do setor.

O *software* para ambiente SIG utilizado apresenta versões atuais bastante estáveis do ponto de vista operacional, e que vem a consolidar o seu uso nas empresas florestais como suporte para informações espaciais.

A partir do sistema implementado, do tipo orientado-a-objetos, é possível realizar uma série de consultas tanto por agrupamento de objetos como por expressões lógicas booleanas, sendo possível visualizar cenários do presente e do futuro sobre as fazendas florestais e especificamente sobre as unidades ou talhões de produção considerando os diferentes sortimentos utilizados pela empresa.

O gerenciamento do modelo implementado é de fácil uso e pode ser implementado e mantido através da atualização dos limites dos talhões a cada intervenção, com utilização de topografia e/ou receptor de DGPS e também através da edição vetorial em ambiente de sistema de informações geográficas.

È possível à visualização espacial por talhão das atividades silviculturais e de manejo a serem realizadas ao longo do ciclo, facilitando na programação, no planejamento de estradas, no ordenamento de corte evitando excesso de deslocamento de máquinas e pessoal.

O sig mostra ser uma excelente ferramenta no auxílio da gestão da empresa florestal, pois com seu uso é possível o gestor visualizar tudo o que esta ocorrendo e o está programado para ocorrer nos anos posteriores.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHRENS, S. **O manejo e a silvicultura de plantações de *Pinus* na Região Sul do Brasil.** In: CURSO DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTAVEL, 1997, Curitiba. Tópicos em manejo florestal sustentável. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. p.167-173. EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 34).

ARGUELLO, F. V. P. et al. Distribuição espacial de plantios de eucalipto no trecho paulista da bacia hidrográfica Rio Paraíba do Sul, SP, Brasil. **Ambiente e Água**, Taubaté, v. 5, n. 3, p. 133-146, 2010.

AVERY, T. E., BURKHART, H. E. **Forest mensurement**. 3 ed. New York: McGraw-Hill, 1983. 331p.

ARONOFF, S. **Geographic Information Systems: a Management Perspective.** Ottawa, WDL Publications, 1989. 295 p.

AZEVEDO, C. P. **Dinâmica de florestas submetidas a manejo na Amazônia Oriental: experimentação e simulação.** 236 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)- Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

BERNHARDSEN, T. **Geographic Information Systems: an introduction.** 2, ed. New York: J. Wiley, 1999. 372 p.

BIZON, J. M. C. **Avaliação de sustentabilidade nutricional de plantios de *Pinus taeda* L. usando um balanço de entrada - saída de nutrientes.** Piracicaba: ESALQ/USP, 2005. 96 f. Dissertação (Mestrado em recursos florestais, com opção em silvicultura e manejo florestal), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

BRUN, F. L. **Influência do valor da madeira de mercado sobre o ordenamento de florestas plantadas para o suprimento parcial de uma indústria de celulose e papel: uma aquisição para programação linear.** 2002. 160 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais, Área de Concentração: Recursos Florestais em opção em Manejo de Florestas de Produção), Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

BUONGIORNO, J; GILLESS, J. K. **Forest management and economics.** New York: Macmillan Publishing Company, 1987.

BURROUGH, P. A. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment.** Oxford University Press, 194 p. 1986.

BURROUGH, P. A. Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation. *Journal of soil science*, v.40, p.477-492, 1998.

CAMARGO, M.U.C. **Sistemas de Informações Geográficas como instrumento de gestão de saneamento**. 1ed. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

CÂMARA, G. et al [SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. Computers & Graphics, 20: \(3\) 395-403, May-Jun 1996.](#)

CÂMARA, G. Sistemas de Informação Para Aplicações Ambientais e Cadastrais: Uma Visão Geral. **INPE**, São José dos Campos, SP, não datado, 18 p (texto digitado).

CÂMARA MUNICIPAL DE JAGUARIAÍVA. Disponível em: [<http://cmjaguariaiva.pr.gov.br/page.php?p=005>](http://cmjaguariaiva.pr.gov.br/page.php?p=005). Acesso em: 21 de out. 2006

CAO, Q.V. Predicting parameters of a Weibull function for modeling diameter distribution. *Forest Science*, v.50, n.5, p. 682-685, 2004.

CESARO, A. ; ENGEL, O. A.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R. Comparação dos métodos de amostragem de área fixa, relascopia e de seis árvores, quanto a eficiência, no inventário florestal de um povoamento de *Pinus* sp. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 97-108, jun. 1994.

COELHO, V. C. M. **Avaliação do Manejo da Produção Econômica de Madeira de *Pinus taeda* L. com Características Qualitativas Superiores**. CURITIBA: UFPR, 2010. 131p. Dissertação (Programa de Pós- Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

COUTO, H. T. Z. **Sistemas de Informações Geográficas: Aplicações Florestais**. IPEF Série Técnica, Piracicaba, 9(28), p 1- 18, dez. 1993.

COUCLEIS, H. **Space, Time, Geography**. In: LONGLEY, P.; GOODCHILD, M.; MAGUIRE, D.; RHIND, D. **Geographical Information Systems**. New York: John Wiley e Sons, 1999. P 29-38.

DERMERS, M. N. **Fundamentals of Geographic Information Systems**. 2. ed. New York: j. Wiley, 1997. 486 p.

DIAS, A. N. **Modelagem e avaliação econômica de plantações de eucalipto submetidas a desbastes**. 2000. 70 f. Tese (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

DIAS, A. N.; et al. Emprego de um modelo de crescimento e produção em povoamentos desbastados de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, p 731-739, set./out. 2005.

EMMERT, F. et al. Geoprocessamento como ferramenta de apoio à gerência de pavimentos de estradas florestais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 81 – 94, jan/mar 2010.

ESRI. **Understanding GIS: the ARCIINFO method**. Redlands, Environmental Systems Research Institute, 1991.

Falcão, A.O. A. Marques, A 2002, **Metodologia expedita para simulação do crescimento e produção de algumas espécies florestais portuguesas**. Documento Técnico 01/02. Grupo de Economia e Gestão de Recursos Naturais, Departamento de Engenharia Florestal. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa. 18 p.

FERRAZ, S. F. B.; VETTORAZZI, C. A. Identificação de áreas para recomposição florestal com base em princípios de ecologia de paisagem. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.4, p. 575-583, set. 2003.

FISCHBECK, P. **Gis: Morethan a Map**. OR/MS Today, p 42-45, Agosto 1994.

GOMES, F. S.; MAESTRI, R.; SANQUETA, C. R. Avaliação da produção em volume total e sortimento em povoamentos de *Pinus taeda* L. submetidos à diferentes condições de espaçamento inicial e sítio. **Ciência Florestal**, v. 7, n. 1, p. 101- 126, 1997.

GOMIDE, L. R.; ARCE, J.; SILVA, A. C. L. Uso do algoritmo no planejamento florestal considerando seus operadores de seleção. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 4, p 460 – 467, out./dez. 2009.

GUIMARÃES, D. P. Uma Função Hiperbólica de Distribuição Probabilística da Alta Flexibilidade. 1. Ed. Planaltina: EMBRAPA, Dez./2002. 40 p. (EMBRAPA Cerrados. Documentos 79).

HOFFER, R. M. **Basic concepts of geographic Information Systems and Remote Sensing for forest resource management**. In: Encontro Brasileiro de Economia e Planejamento Florestal, 2. 1991, Curitiba. Anais... Curitiba: EMBRAPA, 1991. P. 305- 331.

HOSOKAWA, R. T.; MOURA, J. B.; CUNHA, U.S. **Introdução ao Manejo e Economia de Florestas**. Curitiba: Editora UFPR, 1998. 162 p.

IBGE Cidades@. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?uf=pr>>. Acesso em 11 jun. 2012.

JUNIOR, M. Y. Funções de afilamento para plantios desbastados de *Pinus taeda*. **Revista Floresta**, Curitiba, 2012, v. 42, n. 1, p 169 – 176, jan/mar. 2012.

LAZARETTI, D. S. **Qualidade da madeira e rentabilidade na produção de *Pinus taeda* L. visando múltiplos mercados.** Santa Maria, UFSM, 2007. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Tecnologia de Produtos Florestais, Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

MAINARDI, G. L.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C.A.G. Produção de *Pinus taeda* L. na região de Cambará do Sul, Rs. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 39-52, 1996.

MALINOVSKI, R. A. **Otimização da distância de extração de madeira com forwarder.** 2007. 94 f. (Doutorado em Ciências Agrônômicas) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2007.

MEIRELLES, M. S. P.; CAMARA, G.; ALMEIDA, C. M.; **Geomática Modelos e Aplicações Ambientais.** Brasília, DF: EMBRAPA, 2007, 593 p.

MELLO, A. P. Planejamento Florestal Visando à Maximização dos Lucros e a Manutenção do Estoque de Carbono. **Cerne**, Lavras, v.11, n. 3, p. 205- 217. Jul/set. 2005.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas.** 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010, 425 p.

MORO, L et al. Exportação de Nutrientes em Povoamentos de *Pinus taeda* L. Baseada em Volume Estimado Pelo Sistema SISPINUS. **Floresta**, Curitiba, v.38, n. 3, p. 455- 477, jul/set. 2008.

NOBRE, S.R.; RODRIGUEZ, L.C.E.; SILVEIRA, L.E.S.; SIMÕES, G.D.O.; Componentes Básicos de um Modelo Relacional de Dados para a Gestão Florestal. **Silva Lusitânia**, Lisboa, v.12, v. especial, p.103-117, 2004.

NETTO, C. C. **Dinâmica da distribuição diamétrica de povoamentos de *Pinus taeda* L. em diferentes idades e espaçamentos.** UFSM, 2008. 105 f. Dissertação (Mestrado do do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Manejo Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

OLIVEIRA, E. B. de. **Um sistema computadorizado de prognose de crescimento e produção de *Pinus taeda* L., com critérios quantitativos para a avaliação técnica e econômica de regimes de manejo.** 1995. 134 p. Tese (Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR.

OLIVEIRA-FILHO, P.C et al. **Determinação da Rota Ótima de Transporte com o Auxílio de um Sistema de Informação Geográfica**, **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 4, p 403- 409, novembro 2005.

OLIVEIRA-FILHO, P. C. et al. Implementação de um Sistema de Informação Geográfica para a Gestão da Empresa Florestal. **Revista Florestal**, Curitiba-Pr, 33, p. 31- 52, mar. 2003.

PULZ, F. A. et al. Acuracidade da predição da distribuição diamétrica de uma floresta inequiana com a matriz de transição. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 01-14, jan./fev., 1999.

RAMOS, A. A. **Perspectivas Qualitativas e Econômicas da Produção Florestal em Sucessivas Rotações**. In: Congresso Florestal Panamericano, 1; Congresso Florestal Brasileiro, 7, 1993, Curitiba. Anais. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura; Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 1993. p. 177-189.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora – MG, ed. autor, 2000. 220 p.

RODOVANSKI, E. **Modelos estáticos para previsão de crescimento de plantações florestais**. 2003. 96 p. Dissertação (Mestrado em Ciência) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Pr.

ROSE, A. **Uma avaliação comparativa de alguns sistemas de informações geográficas aplicadas ao transporte**. São Carlos, 2001. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

SABOGAL, C. O. et al. **Manejo florestal empresarial na Amazônia brasileira: Restrições e oportunidades**. 1º ed. Belem – PR: CIFLOR, 2006. 72 p.

SANQUETTA, C. R. Fundamentos biométricos dos modelos de simulação florestal. Curitiba: **Fupec**, 1996. 49 f.

SANQUETA, C. R. et al. Matriz de Transição para Simulação da Dinâmica de Florestas Naturais sob Diferentes Intensidades de Corte. **Ciência Florestal**, Curitiba, v. 6, n.1, p. 65-78.1996.

SANTANA, C. J. O. **Simulação do crescimento e da produção em plantações desbastadas de *Eucalyptus grandis* com diferentes procedimentos de obtenção dos parâmetros da distribuição Weibull**. Curitiba, UFPR, 2008. 100 p. Dissertação, Programa de pós – graduação em Engenharia Florestal, setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2008.

SCHUCHOVSKI, M. S. **Diagnóstico e Planejamento do Consumo de Madeira e da Produção em Plantações Florestais no Estado do Paraná**. Curitiba: UFPR, 2003. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)- Programa de Pós – Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

SCOLFORO, J. R. **Mensuração Florestal 6: Crescimento Florestal 2**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1995. 243 p.

SCOLFORO, J. R. S. **Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. v. 1. p. 443.

SCOLFORO, J. R. S.; THIERSCHI, A. Estimativas e testes da distribuição de frequência diâométrica para *Eucalyptus camaldulensis*, através da distribuição SB, por diferentes métodos de ajuste. **Scientia Forestalis**, São Paulo, n. 54, p. 93-106, dez., 1998.

SILVA, E. Q. **Nova Função densidade de Probabilidade Aplicável à Ciência Florestal**. 2003. 98 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

SILVA, V. S. M. **Manejo de Florestas Nativas: Planejamento, Implantação, e Monitoramento**. Cuiabá: UFMT, 2006. 106 p.

SOARES, C. P. B.; NETO, F. P.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. 276 p.

SANTOS, J. R.; DISPERATI, A. A.; WATZLAWICK, L. F.; Experiências atuais do SR&SIG para estudos florestais. **Ambiência**, Guarapuava, v. 2, p. 09 – 18, ed. Especial, 2006.

STEPKA, T. F.; LISBOA, G. S.; KURCHAIDT, S. M. **Funções densidade de probabilidade para a estimativa da distribuição diamétrica em povoamento de *Eucalyptus sp* na região centro-sul do Paraná**. **Ambiência**, Guarapuava, v. 7, n. 3, p. 429-439, set./dez. 2011.

TITUS, S. J., MORTON, R. T. **Forest Stand Growth Models**: *Forestry Chronicle*, Ottawa. V. 61, p 19- 22, 1988.

WENDLING, W. T. **Sistema computacional e modelagem para Simulação dinâmica da produção florestal**. Curitiba: UFPR, 2007. 191 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.