

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**AMOSTRAGEM ALEATÓRIA DE RAMOS COMO
TÉCNICA PARA QUANTIFICAR A PRODUÇÃO DE
FRUTOS DE *CARYOCAR BRASILIENSE* CAMB.
(*CARYOCARACEAE*)**

LÍVIA MARQUES BORGES

ORIENTADORA: ALBA VALÉRIA REZENDE

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

PUBLICAÇÃO: PPGEFL - Nº 112/2009

BRASÍLIA/DF: FEVEREIRO – 2009

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**AMOSTRAGEM ALEATÓRIA DE RAMOS COMO TÉCNICA PARA
QUANTIFICAR A PRODUÇÃO DE FRUTOS DE *CARYOCAR BRASILIENSE*
CAMB. (CARYOCARACEAE)**

LÍVIA MARQUES BORGES

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA FLORESTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.**

APROVADA POR:

**Prof.^a Dr.^a Alba Valéria Rezende (Departamento de Engenharia Florestal, UnB);
(Orientador)**

**Prof. Dr. Gilciano Saraiva Nogueira (Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri);
(Examinador externo)**

**Prof.^a Dr.^a Fabiana Góis de Aquino (Embrapa Cerrados);
(Examinador externo)**

**Prof. Dr. José Roberto Rodrigues Pinto (Departamento de Engenharia Florestal,
UnB);
(Examinador interno)**

Brasília, 10 de fevereiro de 2009

FICHA CATALOGRÁFICA

BORGES, LÍVIA MARQUES

Amostragem aleatória de ramos como técnica para quantificar a produção de frutos de *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae). 2009.

xxi, 147p., 210 x 297 mm (EFL/FT/UnB, Mestre, Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia).

Departamento de Engenharia Florestal

- | | |
|--|--------------------------------|
| 1. Amostragem aleatória de ramos | 2. <i>Caryocar brasiliense</i> |
| 3. Produtos florestais não madeireiros | 4. Produção de frutos |
| 5. Pequi | |

I. EFL/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BORGES, L. M. (2009). Amostragem aleatória de ramos como técnica para quantificar a produção de frutos de *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae). Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Publicação PPGEFL.DM-Nº 112/2009. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 147p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTORA: Livia Marques Borges.

TÍTULO: Amostragem aleatória de ramos como técnica para quantificar a produção de frutos de *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae).

GRAU: Mestre

ANO: 2009

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito da autora.

Livia Marques Borges
Condomínio Privê Morada Sul, Qd. Z, casa 33.
71.680-352 Brasília – DF– Brasil.

Dedicado esse trabalho à minha mãe e a meu pai que, juntos, construíram a história da nossa família com muito amor, respeito, liberdade, diálogo, compreensão, apoio e terapia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à dança do Universo e às energias misteriosas e renovadoras que permeiam nossa vida, mesmo quando insistimos em enxergar somente uma ilusão.

Agradeço aos meus pais, Sandra e Carlos, que durante todo o tempo me apoiaram e me amaram como pais serenos, responsáveis e principalmente, questionadores de certezas e das permanências.

Como amiga e debatedora de idéias agradeço a uma pessoa muito especial: minha irmã Luíza, que amo e tenho profunda admiração.

Agradeço aos meus tios, Adeides e Rubens, e minha querida avó Lourdes, pelas tardes de acolhimento e pelo amor.

Agradeço também às minhas companheiras caninas, Filó e Fulô, pelas risadas e dias de descontração e pela companhia.

Agradeço também às minhas amigas floresteiras, presentes nas horas de alegria e tristeza, choro ou euforia: Ana Livia, Fernanda, Carolina, Gabriela, Raquel, Vivian, Renata, Nathali, Rafaela e Patrícia.

Agradeço a todos que participaram da realização desse trabalho e, mais do que isso, desse momento da minha vida. Dentre as pessoas que participaram ativa e diretamente na realização desse trabalho, estão: Fernanda Moraes, Robert Thompson, Clarine Rocha, Rafael Brito, Rafael Pinto, Gean, Ayuni, Gabriel Zanatta, Henrique Frota, Vítor Muller, Juliana Marocolo, Hugo Macedo, Larissa Douto, Leandro Lima, Desireé Silva, Wagner Rodrigues, Renato Araújo, Fernanda Coelho e outros tantos...

Agradeço o apoio e a disposição de todos os funcionários da Fazenda Água Limpa, que infelizmente nem sempre têm o merecido reconhecimento: Sebastião, Marconi, Zico, Geraldo... e todos que lá trabalham.

Agradeço ainda ao Departamento de Engenharia Florestal, principalmente minha orientadora que me incentivou a continuar o trabalho nos momentos difíceis.

Agradeço à Universidade de Brasília por ainda ser um lugar de sonho e de vontade de mudança do mundo.

RESUMO

AMOSTRAGEM ALEATÓRIA DE RAMOS COMO TÉCNICA PARA QUANTIFICAR A PRODUÇÃO DE FRUTOS DE *CARYOCAR BRASILIENSE* CAMB. (CARYOCARACEAE).

Autora: Lívia Marques Borges

Orientadora: Alba Valéria Rezende

Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais

Brasília, fevereiro de 2009

O pequi é uma espécie típica do bioma Cerrado, cujo fruto é um importante produto florestal não madeireiro - PFNM. No entanto, o extrativismo dos frutos é feito, em geral, sem planos de manejo ou informações precisas sobre a produção. Este estudo foi realizado em uma área de cerrado *sensu stricto*, localizada na Reserva Ecológica e Experimental da Universidade de Brasília, Distrito Federal, com o objetivo de verificar a eficiência da amostragem aleatória de ramos para quantificar a produção de frutos de *Caryocar brasiliense* Camb. (pequi), visando o manejo sustentável da espécie. Para este estudo, a área selecionada foi inventariada, sendo amostradas 10 parcelas de 20x50 m distribuídas aleatoriamente no local. Em cada parcela, foram identificados botanicamente todos os indivíduos lenhosos arbóreo-arbustivos com Db (diâmetro da base tomado a 30 centímetros do solo) igual ou superior a 5 cm. O inventário permitiu conhecer a composição florística e a estrutura da vegetação onde foram selecionados indivíduos de pequi para aplicação da amostragem aleatória de ramos. Após o inventário, foram sorteadas cinco árvores de *Caryocar brasiliense*, pertencentes a diferentes classes de diâmetro para aplicação da amostragem aleatória de ramos. Foram testadas duas técnicas de seleção de ramos: probabilidade uniforme e probabilidade proporcional ao diâmetro do ramo. A validação do método de amostragem foi feita comparando a produção de frutos de pequi estimada pelas duas técnicas de seleção de ramos com a produção real, obtida pela contagem total dos frutos nas árvores sorteadas. O erro amostral médio das cinco árvores, para uma intensidade amostral de dez caminhos, foi de 231,85 % e 151,82 % para a probabilidade uniforme e proporcional ao diâmetro, respectivamente. Foi verificado que a técnica de probabilidade proporcional ao diâmetro dos ramos produziu estimativas com menor erro do que a técnica de probabilidade uniforme. A maior produção de frutos,

considerando as médias das cinco árvores, ocorreu no quadrante sudoeste (68,8 frutos) e no estrato mediano da copa (91,8 frutos). A amostragem aleatória de ramos se mostrou uma metodologia pouco precisa para estimar a produção de frutos de *Caryocar brasiliense*, sendo sua principal desvantagem o alto valor do erro amostral associado às estimativas.

Palavras-chave: Amostragem aleatória de ramos, cerrado *sensu stricto*, *Caryocar brasiliense*, amostragem de produtos florestais não-madeireiros, pequi.

ABSTRACT

RANDOMIZED BRANCH SAMPLING AS A METHOD FOR QUANTIFY THE PRODUCTION OF FRUITS OF *CARYOCAR BRASILIENSE* CAMB. (CARYOCARACEAE).

Author: Lívia Marques Borges

Supervisor: Alba Valéria Rezende

Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais

Brasília, february of 2009

The pequi is a species typical of the Cerrado biome, which fruit is an important non-timber forest products - NTFP. However, the extraction of the fruit is done, in general, without management plans or precise information on production. This study was conducted in an area of cerrado *sensu stricto*, located in the Experimental Ecological Reserve of the University of Brasilia, Federal District, with the objective of verify the efficiency of randomized branch sampling to quantify the production of fruits of *Caryocar brasiliense* Camb. (pequi), to the sustainable management of the species. For this study, the selected area was recorded, and sampled 10 plots of 20x50m randomly. In each plot, were identified botanically all woody's individuals trees and shrubs with Db (diameter of the base taken at 30 cm soil) bigger than 5 cm. The forest inventory allowed the identification of the floristic composition and the structure of vegetation where the individuals of pequi were selected for implementation of randomized branch sampling. After the inventory, were randomly selected five trees of *Caryocar brasiliense*, belonging to different classes of diameter for application of a randomized branch sampling. We tested two techniques for selection of branches: uniform probability and probability proportional to the diameter of the branch. The validation of the method of sampling was done by comparing the production of fruits of pequi estimated by both techniques with the actual production, obtained by counting all fruits on trees. The actual average error of five individuals of pequi, sampling at an intensity of ten paths, was 231.85 % and 151.82 %, respectively for the uniform probability and probability proportional to the size of the branch. It may be noted that the technique of probability proportional to the diameter of the branches produced estimates with less error than the technique of uniform probability. The increased production of fruits, for the average of five trees, occurred in the southwest quadrant (68.8

fruits) and the median stratum of the canopy (91.8 fruits). The randomized branch sampling produced estimates of the production of fruits of *C. brasiliense* with high values of sampling errors.

Keywords: randomized branch sampling, cerrado *sensu stricto*, *Caryocar brasiliense*, sampling of non-timber forest products, pequi.

Sumário

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - OBJETIVOS	4
2.1- OBJETIVO GERAL	4
2.2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1- PRODUTOS FLORESTAIS NÃO MADEIREIROS.....	4
3.1.1 - Definição	4
3.1.2 - Histórico	6
3.1.3 - Importância sócio-econômica	8
3.1.4 - Manejo Florestal e Sustentabilidade.....	11
3.2- CARACTERIZAÇÃO DO BIOMA CERRADO.....	15
3.2.1 - Cerrado <i>sensu stricto</i>	20
3.3- PRODUTOS FLORESTAIS NÃO MADEIREIROS NO CERRADO.....	23
3.4- QUANTIFICAÇÃO DE PRODUTOS FLORESTAIS NÃO MADEIREIROS	
.....	26
3.4.1 - Inventário de PFNM.....	26
3.4.2 - Avaliação da Produção.....	27
3.4.3 - Métodos de Quantificação da Produção de Frutos	29
3.5- AMOSTRAGEM ALEATÓRIA DE RAMOS.....	32
3.6- ESPÉCIE-ALVO: <i>Caryocar brasiliense</i> Camb.....	40
4 - METODOLOGIA	44
4.1- CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	44
4.2- BASE DE DADOS	46
4.2.1 - Inventário Florestal	46

4.2.2	- Seleção de árvores de <i>Caryocar brasiliense</i> para avaliar a produção de frutos	48
4.2.3	- Censo da produção de frutos por quadrante geográfico e estrato da copa.....	48
4.2.4	- Amostragem aleatória de ramos	50
4.2.4.1	- Seleção do caminho	50
4.2.4.2	- Estimativa do número de frutos por árvore.....	53
4.3-	ANÁLISE DE DADOS	57
4.3.1	- Suficiência amostral	57
4.3.2	- Composição florística, estrutura fitossociológica e diamétrica da vegetação lenhosa.....	59
4.3.2.1	- Composição florística	59
4.3.2.2	- Estrutura fitossociológica.....	60
4.3.2.3	- Estrutura diamétrica	62
4.3.3	- Eficiência da amostragem aleatória de ramos	63
4.3.4	- Censo da produção de frutos por quadrante geográfico e estrato da copa.....	64
5 -	RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
5.1-	SUFICIÊNCIA AMOSTRAL.....	65
5.2-	COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA, ESTRUTURA FITOSSOCIOLÓGICA E DIAMÉTRICA DA VEGETAÇÃO LENHOSA	66
5.2.1	- Composição florística	66
5.2.2	- Estrutura fitossociológica	69
5.2.3	- Estrutura diamétrica	73
5.3-	AMOSTRAGEM ALEATÓRIA DE RAMOS.....	74
5.3.1	- Seleção de árvores.....	74
5.3.2	- Censo da produção de frutos em <i>Caryocar brasiliense</i> Camb.	77
5.3.3	- Variância e eficiência da amostragem aleatória de ramos	81

5.3.4	- Tempo de aplicação da amostragem.....	99
5.3.5	- Mapeamento e análise da amostragem aleatória de ramos na árvore nº 05.....	106
5.3.6	- Avaliação da amostragem aleatória de ramos	112
6-	CONCLUSÕES.....	121
7-	RECOMENDAÇÕES.....	122
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123
	APÊNDICES.....	144

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Produção brasileira da extração vegetal e da silvicultura em 2007.....	9
Tabela 4.1 - Coordenadas geográficas das parcelas amostradas (Datum SAD 69). Os números entre parênteses (3, 28, 68, 69, 76, 122, 130, 138, 152 e 195) representam as parcelas sorteadas dentro do universo amostral de 206 parcelas.	47
Tabela 5.1 - Composição florística da vegetação lenhosa do cerrado <i>sensu stricto</i> da área de estudo na Fazenda Água Limpa, Distrito Federal.....	66
Tabela 5.2 - Parâmetros fitossociológicos da vegetação lenhosa ($Db \geq 5cm$) da área de cerrado <i>sensu stricto</i> amostrado na Fazenda Água Limpa, DF. As espécies estão ordenadas em ordem decrescente de IVI.....	69
Tabela 5.3 - Procedimento de seleção das árvores de <i>Caryocar brasiliense</i> Camb. em cada par de classe diamétrica. As quatro primeiras classes não tiveram árvores amostradas, em função da baixa ou nenhuma produção de frutos.	76
Tabela 5.4 - Características dos indivíduos de <i>Caryocar brasiliense</i> Camb. selecionados para aplicação da amostragem aleatória de ramos e contagem total dos frutos e suas respectivas variáveis dendrométricas.....	76
Tabela 5.5 - Valores médios da produção de frutos por quadrante geográfico e estrato da copa, considerando todas as árvores de <i>Caryocar brasiliense</i> Camb. selecionadas.	77
Tabela 5.6 - Produção total e percentual de frutos das árvores de <i>Caryocar brasiliense</i> Camb. selecionadas, por quadrante geográfico (NO, SO, NE e SE) e por estratos da copa, calculada pela relação entre o número de frutos do quadrante e/ou estrato da copa pela produção total de frutos.....	79
Tabela 5.7- Variáveis da amostragem aleatória de ramos realizada na árvore de <i>Caryocar brasiliense</i> Camb., nº 05, localizada na parcela 4.	82
Tabela 5.8 - Valores paramétricos da variância da média, variância, desvio padrão, erro padrão e coeficiente de variação para as técnicas de probabilidade uniforme - PU e proporcional ao diâmetro - PPD, referentes à árvore nº 05 de <i>Caryocar brasiliense</i> Camb.	83
Tabela 5.9 - Resultado da amostragem aleatória de ramos realizada na árvore de <i>Caryocar brasiliense</i> Camb., nº 106, localizada na parcela 5.	87

Tabela 5.10 - Variáveis da amostragem aleatória de ramos realizada na árvore de <i>Caryocar brasiliense</i> Camb., nº 138, localizada na parcela 2.	91
Tabela 5.11 - Variáveis da amostragem aleatória de ramos realizada na árvore de <i>Caryocar brasiliense</i> Camb., nº 136, localizada na parcela 7.	94
Tabela 5.12 - Variáveis da amostragem aleatória de ramos realizada na árvore de <i>Caryocar brasiliense</i> Camb., nº 44, localizada na parcela 9.	97
Tabela 5.13 - Tempo (segundos) para realizar a divisão da copa em quadrantes geográficos e estratos, para realizar o censo e para aplicação da amostragem aleatória de ramos por meio das duas técnicas de atribuir probabilidade à seleção dos ramos (probabilidade uniforme – PU e probabilidade proporcional ao diâmetro - PPD), considerando uma intensidade amostral de 6 caminhos (M=6) e de 10 caminhos (M=10).	99
Tabela 5.14 - Mapeamento dos caminhos da árvore nº 05 de <i>Caryocar brasiliense</i> Camb..	106
Tabela 5.15 - Somatório de resíduos (%) associados às estimativas do número de frutos dos ramos da árvore nº 05 de <i>Caryocar brasiliense</i> Camb., de acordo com a ordem do ramo selecionado como ramo final, tanto para a probabilidade proporcional ao diâmetro (PPD) quanto para a probabilidade uniforme (PU).	111
Tabela 5.16 - Intervalo de confiança para as estimativas produzidas com a amostragem aleatória de ramos, pelas técnicas de probabilidade uniforme e proporcional ao diâmetro, considerando um nível de probabilidade (P=95 %).	120

LISTA DE FIGURAS

- Figura 3.1 - Fluxograma da estratégia para a exploração de produtos florestais não madeireiros em bases sustentáveis. Fonte: Adaptado de Peters (1994)..... 12
- Figura 3.2 - Perfil esquemático das fitofisiomias do bioma Cerrado. Fonte (RIBEIRO & WALTER, 2008). 18
- Figura 3.3 - Esquema demonstrativo da terminologia do método de amostragem aleatória de ramos. A árvore (a) apresenta 40 segmentos e 27 possíveis caminhos da base do fuste (no primeiro nó) até um broto terminal. Os quatro segmentos de um caminho possível são mostrados em (a), com marcação dos nós e segmentos. A amostragem aleatória de ramos pode cessar em qualquer nó, onde o ramo selecionado (ramo 3 circulado) é tratado como o segmento terminal do caminho, como mostrado em (b). A amostragem pode também iniciar em qualquer nó da árvore (c), sendo que as estimativas encontradas são válidas apenas para o ramo de início da amostragem (ramos circulado, contendo os segmentos 1, 2 e 3), não para a árvore inteira. Fonte: Adaptado de Gregoire & Valentine, 2007. 33
- Figura 3.4 - Esquema das possíveis atribuições de probabilidades avaliadas por Jessen (1955) para uso na amostragem aleatória de ramos. Os números (5, 8, 7, 10 e 12) representam o número de frutos em seus respectivos ramos (IA, IB, IIC, IID, IIE). As probabilidades representam a chance de escolher determinado ramo para estimar a produção de frutos da árvore, onde: $P(IA)$ é a probabilidade incondicional de escolher o ramo I seguido do ramo A. As probabilidades em cada nó (1/2 ou 1/3) são as probabilidades condicionais de seleção dos ramos. Fonte: Adaptado de Jessen (1955)..... 34
- Figura 3.5 - Esquema de ramificação de uma árvore, mostrando a exclusão do segmento de ramo 1-2, que se origina do nó 1. Com a exclusão, o nó 3, que era terciário (3ª ordem), passa a ser secundário. Com a redução do número de segmentos de ramos do caminho (1-3-4-5), há também redução da probabilidade incondicional de seleção, dada pelo produto das probabilidades de seleção em cada nó. Fonte: Adaptado de Cancino & Saborowski (2007). 38
- Figura 4.1 - Localização da área de estudo. A) localização da Fazenda Água Limpa no Distrito Federal; B) localização da área de estudo na Fazenda Água Limpa... 45

Figura 4.2 - Croqui do universo amostral, dividido em 206 parcelas de dimensões 20 x 50 m orientadas no sentido norte-sul. As parcelas sorteadas que foram amostradas estão indicadas em amarelo.	46
Figura 4.3 - Divisão da copa para orientar a contagem de frutos por quadrante geográfico e estratos. S = sul; L = leste; O = oeste; N = norte; SE = sudeste; NE = nordeste; NO = noroeste; SO = sudoeste; H_{copa} = altura da copa.	49
Figura 4.4 - Cubos de madeira, de dimensões 1 x 1 x 1 cm, numerados de 0 a 9 para sorteio das casas decimais e composição do número aleatório - u , que determinou a escolha dos ramos na técnica de probabilidades proporcionais ao diâmetro....	52
Figura 5.1 - Curva espécie-área do cerrado <i>sensu stricto</i> amostrado na Fazenda Água Limpa, Distrito Federal.....	65
Figura 5.2 - Distribuição em classes diamétricas (cm) dos fustes (incluindo os fustes mortos) da comunidade de cerrado <i>sensu stricto</i> da Fazenda Água Limpa na área de estudo.	73
Figura 5.3 - Distribuição diamétrica em relação ao número de espécies encontradas na comunidade de cerrado <i>sensu stricto</i> da Fazenda Água Limpa na área de estudo.....	74
Figura 5.4 - Distribuição diamétrica dos fustes de <i>Caryocar brasiliense</i> Camb. identificados na comunidade de cerrado <i>sensu stricto</i> da Fazenda Água Limpa na área de estudo.....	75
Figura 5.5 - Número real de frutos (τy) da árvore nº 05 (parcela 4) e média do número de frutos para m caminhos ($\tau \hat{y} Q$), estimada pelas técnicas PU (probabilidade uniforme) e PPD ² (probabilidade proporcional ao diâmetro).....	86
Figura 5.6 - Número real de frutos (τy) da árvore nº 106 (parcela 5) e média do número de frutos para m caminhos ($\tau \hat{y} Q$), estimada pelas técnicas PU (probabilidade uniforme) e PPD ² (probabilidade proporcional ao diâmetro).....	89
Figura 5.7 - Número real de frutos (τy) da árvore nº 138 (parcela 2) e média do número de frutos para m caminhos ($\tau \hat{y} Q$), estimada pelas técnicas PU (probabilidade uniforme) e PPD ² (probabilidade proporcional ao diâmetro).....	92
Figura 5.8 - Número real de frutos (τy) da árvore nº 136 (parcela 7) e média do número de frutos para m caminhos ($\tau \hat{y} Q$), estimada pelas técnicas PU (probabilidade uniforme) e PPD ² (probabilidade proporcional ao diâmetro).....	96

Figura 5.9 - Número real de frutos (τy) da árvore nº 44 (parcela 9) e média do número de frutos para m caminhos ($\tau \hat{y}Q$), estimada pelas técnicas PU (probabilidade uniforme) e PPD ² (probabilidade proporcional ao diâmetro).....	98
Figura 5.10 - Relação entre variáveis dendrométricas e o tempo para realizar o censo da produção de frutos de <i>Caryocar brasiliense</i> Camb. em uma área de cerrado <i>sensu stricto</i> na Fazenda Água Limpa, DF.....	101
Figura 5.11 - Identificação dos nós e segmentos de ramos com etiquetas nas árvores de <i>Caryocar brasiliense</i> Camb.. O nó (bifurcação) está identificado pela letra “P” e os ramos que dele originam estão identificados pelos números 33 e 35, sendo que o ramo 34 não está visível na imagem.....	103
Figura 5.12 - Procedimento de medição do diâmetro dos segmentos de ramos nas árvores de <i>Caryocar brasiliense</i> Camb.. Os ramos de menor ordem (de maior diâmetro) foram medidos com suta (a) e os ramos de maior ordem (de menor diâmetro) foram medidos com paquímetro (b). Em (a), está o primeiro nó da árvore nº 44, identificado pela letra “A” e os seus respectivos ramos de 1ª ordem, ramos 1 e 2. Em (b), está um nó de 4ª ordem que bifurca em três ramos (33, 34 e 35), sendo o ramo 34 não visível na imagem.	104
Figura 5.13 - Mapeamento da ramificação da copa da árvore nº 05 de <i>Caryocar brasiliense</i> Camb. amostrada no cerrado <i>sensu stricto</i> na Fazenda Água Limpa, DF. A nomenclatura R1-R118 representa os segmentos de ramos; os números que variam de 0 a 0,999 e acompanham a denominação do segmento representam a probabilidade incondicional de seleção dada pela técnica de probabilidade proporcional ao diâmetro do ramo.....	107
Figura 5.14 - Distribuição dos resíduos (%) das estimativas produzidas pelos 63 caminhos possíveis da árvore nº 05 pela amostragem aleatória de ramos por meio da técnica de probabilidade proporcional ao diâmetro - PPD (a) e da técnica de probabilidade uniforme - PU (b), em relação ao número real de frutos oriundos do censo.	108
Figura 5.15 - Relação entre o diâmetro ao quadrado dos ramos e o número de frutos nos ramos da árvore nº 05 de <i>Caryocar brasiliense</i> Camb. amostrada no cerrado <i>sensu stricto</i> na Fazenda Água Limpa, DF.....	109
Figura 5.16 - Relação entre o diâmetro ao quadrado (D^2) dos ramos de diferentes ordens (1ª a 9ª ordem) e o número de frutos.....	110

Figura 5.17 - Somatório de resíduos (%) associados às estimativas do número de frutos dos ramos da árvore nº 05 de <i>Caryocar brasiliense</i> Camb., de acordo com a ordem do ramo selecionado como ramo final, tanto para a probabilidade proporcional ao diâmetro (PPD ²) quanto para a probabilidade uniforme (PU).	111
Figura 5.18 - Relação entre o número de nós (r) percorridos no caminho (m) e a estimativa obtida do número de frutos ($\tau\hat{y}_{Qm}$) das árvores de <i>Caryocar brasiliense</i> Camb. por meio da seleção com a probabilidade uniforme (PU) e da probabilidade proporcional ao diâmetro (PPD).	115
Figura 5.19 - Frutificação da árvore nº 44 de <i>Caryocar brasiliense</i> Camb., com destaque para (a) as cicatrizes nos ramos finais e (b) nos frutos não desenvolvidos, ilustrando a pequena produção de frutos na área de cerrado <i>sensu stricto</i> objeto do estudo.	116
Figura 5.20 - Erro (%) da amostragem aleatória de ramos: Er_1 (%) - erro amostral da probabilidade uniforme - PU e Er_2 (%) - erro amostral da probabilidade proporcional ao diâmetro do ramo - PPD.	119

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIACÕES

A	- amplitude
cv_{y1}	- estimativa do coeficiente de variação do procedimento usado como base comparativa, técnica de probabilidade proporcional ao diâmetro - PPD
cv_{y2}	- estimativa do coeficiente de variação do procedimento a ser comparado, técnica de probabilidade uniforme - PU
CV_y	- coeficiente de variação paramétrico (%)
cv_y	- estimativa do coeficiente de variação (%)
DR i	- densidade relativa da espécie i (%)
DA i	- densidade absoluta da espécie i (nº ind.ha ⁻¹)
d	- diâmetro
DAP	- diâmetro à altura do peito (1,30 m em relação ao solo)
d ² i	- diâmetro ao quadrado (d ²) do i -ésimo ramo
Db	- diâmetro da base (tomado a 30 cm do solo)
D ₁	- diâmetro da copa medido no sentido norte-sul
D ₂	- diâmetro da copa medido no sentido leste-oeste
DoA i	- dominância absoluta da espécie i
DoR i	- dominância relativa da espécie i (%)
ER	- eficiência relativa (%)
E	- erro amostral expresso em percentagem
Ea	- erro de amostragem absoluto
Er	- erro amostral relativo (%)
F	- fator de correção para populações finitas
FAO	- Food and Agriculture of the United Nations
FR i	- frequência relativa da espécie i (%)
FA	- somatório da frequência absoluta de todas as espécies
GPS	- Global Positioning System
G	- somatório da área basal de todas as espécies amostradas (m ²)
GL	- graus de liberdade
ha	- hectare
H'	- Índice de diversidade de Shannon

IVC	- Índice de Valor de Cobertura
IVI	- Índice de Valor de Importância
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC	- intervalo de confiança
J'	- Índice de equabilidade de Pielou
n_i	- número de indivíduos da espécie i
n	- número de observações
nc	- número de classes
N	- número de ramos diferentes amostrados
O	- oeste
p_i	- proporção de indivíduos ou abundância de espécies expressa como uma proporção do número total de espécies
PFNM	- Produtos florestais não madeireiros
Q_{mi}	- probabilidade incondicional de seleção do ramo i , do caminho m
q_{ri}	- probabilidade de seleção atribuída ao i -ésimo ramo do r -ésimo nó
Rio 92	- II Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente
r	- nó ou ponto de bifurcação da copa das árvores amostradas
S	- número de espécies na área
$S_{\bar{y}}$	- erro padrão da média em função da variância paramétrica
S^2y	- variância paramétrica
S_y	- desvio padrão paramétrico
$s_{\bar{y}}$	- erro padrão da média em função da estimativa da variância
s^2y	- estimativa da variância
s_y	- estimativa do desvio padrão
t_1	- tempo de medição das unidades amostrais (caminhos) obtido com a técnica de probabilidade proporcional ao diâmetro - PPD
t_2	- tempo de medição das unidades amostrais (caminhos) obtido com a técnica de probabilidades uniforme - PU.
t	- valor de t tabelado para $(n-1)$ graus de liberdade e 5 % de significância
$V(\hat{Y})$	- variância da estimativa do número de frutos da árvore
$v(\hat{t}yQ)$	- estimativa da variância
Y_i	- estimativa do número de frutos do i -ésimo ramo amostrado

Y	- estimativa do número de frutos por árvore
α	- nível de confiança da estimativa
$\hat{\tau}_{yQm}$	- número de frutos por árvore (estimativa não tendenciosa de τ_y) estimado pelo caminho m
$\hat{\tau}_{yQ}$	- número médio de frutos por árvore, referente à média aritmética dos m caminhos percorridos
τ_y	- número real de frutos
Y_{mi}	- número de frutos quantificados no ramo i , do caminho m
X	- número real de frutos contados na árvore

1 - INTRODUÇÃO

Os Produtos Florestais Não Madeireiros (PFNM) são recursos fornecidos pelas florestas e demais formas de vegetação, cuja importância para a economia e para a sociedade é inquestionável. Os PFNM englobam frutos, sementes, cascas, raízes, fibras, folhas, óleos e gomas consumidos e comercializados, principalmente pela população rural, não só no Brasil, mas em todo o mundo. São importante fonte de nutrientes e de renda para as comunidades rurais, configurando uma rede informal e tradicional de uso da biodiversidade brasileira.

Em função de sua estreita relação com as comunidades extrativistas, os PFNM promovem a valorização da vegetação nativa, inclusive por sua extração depender da manutenção da floresta. Dessa forma, os PFNM são vistos como uma estratégia de conservação da vegetação nativa que proporciona um aproveitamento maior da variedade de recursos florestais, em relação à extração madeireira.

A importância dos PFNM em relação à madeira serrada prevalece em regiões onde a vegetação nativa possui pouco potencial madeireiro, como é o caso do Cerrado, considerado a savana com maior biodiversidade do mundo (FELFILI et al., 2005a). Contudo, é importante destacar que algumas fitofisionomias do Cerrado, como, por exemplo, as florestas estacionais (matas secas), são conhecidas pela oferta de madeira. Porém, a fitofisionomia predominante em 70 % do bioma é o cerrado *sensu stricto* (EITEN, 1972). A utilização dos frutos, raízes, cascas, sementes, folhas, gomas e outros PFNM do Cerrado são disseminados entre a população rural e também registrados cientificamente (TOMASSINI & MORS, 1966; ALMEIDA, 1998; ALMEIDA et al., 1998; ALMEIDA et al., 2008; MAY et al., 2001; SILVA et al., 2001; HERZOG-SOARES et al., 2002; ROESLER et al., 2007).

Atualmente, há uma crescente movimentação econômica regional e internacional com a comercialização dos PFNM. No Cerrado, entre esses produtos com alcance internacional, estão os frutos de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), que é apreciado na culinária, e os frutos verdes da faveira (*Dimorphandra mollis* Benth.), que são fonte de rutina – substância com propriedades medicinais (TOMASSINI & MORS, 1966). Além do pequi e

da faveira, a castanha de baru (*Dipteryx alata* Vog.) e o capim-dourado (*Syngonanthus nitens* Bong. Ruhland) são outros PFNM de alcance internacional que movimentam a economia regional e influenciam na dinâmica social e econômica das comunidades extrativistas (NAPPO et al., 2003; SCHMLDT, 2005; SILVA & EGITO, 2005; SCHMLDT et al., 2007).

Dentre os PFNM mais conhecidos no Cerrado estão os frutos comestíveis que são comercializados *in natura*, em forma de polpa, doces ou sorvetes, como cagaita (*Eugenia dysenterica* Mart. ex DC.), jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex. Hayne), mangaba (*Hancornia speciosa* Gomez.), araticum (*Annona crassiflora* Mart.), buriti (*Mauritia vinifera* Mart.), gabioba (*Camponesia cambessedeanana* Berg.), cajuzinho (*Anacardium humile* St. Hil.) e murici (*Byrsonima crassifolia* (L.) Rich). Entretanto, existem ainda as plantas medicinais nativas do Cerrado que também são classificadas como PFNM, cujas propriedades terapêuticas são conhecidas pelas populações tradicionais e rurais (GUARIM NETO & MORAIS, 2003; SOUZA & FELFILI, 2003; 2006). Os compostos medicinais das plantas do Cerrado têm sido isolados e testados em pesquisas na área de farmacognosia, comprovando seu potencial na fabricação de cosméticos e medicamentos (HERZOG-SOARES et al., 2002; PAULA JÚNIOR et al., 2006; SANTOS et al., 2006a; SOUZA et al., 2007).

Segundo Wong (2000), há vários estudos sobre a quantificação de PFNM, mas a informação é dispersa e de difícil acesso. Apesar do número de estudos identificados, Wong (2000) concluiu que existem poucos métodos disponíveis para uma quantificação objetiva dos PFNM. Além disso, a autora afirma que são raros os livros com procedimentos biometricamente confiáveis para formular protocolos de inventário de PFNM. Essa lacuna de informação quantitativa e confiável configura-se em dificuldade para avaliação do potencial produtivo e econômico dos PFNM do Cerrado e de outros ecossistemas nativos.

Na tentativa de implantar o manejo sustentável dos PFNM, uma das condições fundamentais para subsidiar o planejamento do manejo é a quantificação dos recursos florestais com baixo custo e boa precisão em curto período de tempo (WONG, 2000; BIH, 2006).

No Cerrado, existe grande diversidade de espécies incluídas na categoria de PFNM, cuja extração e uso comercial são largamente praticados regionalmente pela população rural. Contudo, as formas de quantificar esse potencial produtivo a partir de técnicas de amostragem confiáveis, que levem em consideração a precisão, o nível de confiança e a representatividade da amostragem, são praticamente inexistentes.

Jessen (1955) desenvolveu uma técnica de amostragem probabilística em multi-estágios para estimar a produção de frutos de árvores individuais, conhecida por amostragem aleatória de ramos. Essa técnica é baseada na seleção de ramos de uma árvore, de modo aleatório, através da designação de probabilidades de seleção a cada um dos ramos. Desse modo, a árvore é tratada como a população e o parâmetro-alvo a ser mensurado é a quantidade total dos atributos quantificados nos ramos amostrados.

A amostragem aleatória de ramos foi inicialmente testada em uma única laranjeira por Jessen (1955), produzindo estimativas não tendenciosas sobre a quantidade total de frutos, mas seu potencial como técnica de amostragem foi posteriormente confirmado por outros trabalhos (EVANS, 2005; EVANS & GREGOIRE, 2007; GARCÍA-NÚÑES et al., 1996; GOOD et al., 2001; GOVE et al., 2002; GREGOIRE et al., 1995; GREGOIRE & VALENTINE, 1996; GREGOIRE & VALENTINE, 2007; VALENTINE et al., 1984; WILLIAMS, 1989).

Apesar da amostragem aleatória de ramos ser relatada como uma metodologia de amostragem não tendenciosa para estimar atributos de árvores individuais, seu uso em espécies do Cerrado brasileiro ainda não foi testado. No Cerrado, em função do grande número de espécies frutíferas, a quantificação da produção dos indivíduos por métodos de amostragem pode ser uma importante ferramenta para avaliar a capacidade produtiva de uma área a ser explorada, como alternativa ao censo. Desse modo, a amostragem aleatória de ramos pode ser um método viável e rápido para quantificar produção de frutos, principalmente de espécies com alto valor econômico, como é o caso do pequi (*Caryocar brasiliense*).

2 - OBJETIVOS

2.1 - OBJETIVO GERAL

Verificar a eficiência da amostragem aleatória de ramos para quantificar a produção de frutos de *Caryocar brasiliense* Camb. (Pequi), em um cerrado *sensu stricto*, no Distrito Federal, propondo uma técnica de amostragem precisa para subsidiar o manejo sustentável da espécie

2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Caracterizar a estrutura fitossociológica e a composição florística da área de estudo;
- b) Avaliar a eficiência da amostragem aleatória de ramos, considerando diferentes intensidades amostrais (número de caminhos sorteados) em uma mesma árvore;
- c) Comparar a aplicação da amostragem aleatória de ramos com probabilidade uniforme de seleção dos ramos e probabilidade proporcional ao diâmetro dos ramos;
- d) Quantificar a produção de *Caryocar brasiliense* Camb., em número de frutos por árvore;

3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 - PRODUTOS FLORESTAIS NÃO MADEIREIROS

3.1.1 - Definição

Os produtos florestais não madeireiros possuem um espectro de definições que variam de acordo com a área de pesquisa e os atores sociais e econômicos, sejam eles governamentais ou não, envolvidos em ações direcionadas a esses produtos. A definição de PFNM apresenta uma abordagem multidisciplinar, retratada pelos inúmeros trabalhos existentes nas áreas de ciências florestais (BORGES FILHO & FELFILI, 2003; EMANUEL et al., 2005), etnobotânica, ecologia (ZARDO, 2008), botânica econômica (GODOY et al., 1993), desenvolvimento social (AQUINO et al., 2008a; GULIAS et al., 2008), economia

(AFONSO, 2008; BALZON et al., 2004; DELANG, 2006), biologia da conservação (GOMES & GOMES, 2000) e antropologia.

A importância da FAO (*Food and Agriculture of the United Nations*) como proponente de credibilidade na definição de PFNM é ressaltada por Rajchal (2006), inclusive para padronizar e facilitar o uso do conceito. Chandrasekharan (1995), em um documento da FAO, definiu PFNM como bens de origem biológica que não a madeira, derivados tanto de florestas quanto de outros ambientes e árvores fora da floresta. O conceito proposto e adotado pela FAO, através de Vantomme (2001), para classificar os PFNM é:

“PFNM são todos os materiais biológicos (excluindo-se a madeira e a lenha) que podem ser extraídos de florestas naturais, agroecossistemas e de árvores que crescem espontaneamente em locais fora da floresta, com utilização doméstica ou comercial, que tenha significado social, cultural ou religioso.”

Outro conceito de PFNM é proposto por Shanley et al. (2005), definindo-os como recursos biológicos oriundos de florestas nativas, sistemas agroflorestais e plantações, incluindo plantas medicinais, frutos, castanhas, resinas, látex, óleos essenciais, fibras, fungos, fauna e até mesmo madeira para artesanato. Tal definição mostra a variedade de produtos considerados não madeireiros, o que pode dificultar a implantação de políticas públicas e incentivos, em função dos diferentes arranjos produtivos, atores sociais e setores econômicos envolvidos. Um exemplo da amplitude do conceito é a denominação de PFNM tanto para designar as espécies medicinais plantadas em larga escala por indústrias, quanto para espécies extraídas e comercializadas localmente pela população rural.

Muitos produtos oriundos de áreas campestres, antropizadas e cultivadas são classificados como PFNM. Além disso, o sistema de produção é um ponto-chave na discussão sobre o conceito de PFNM, pois existem cultivos em plantações e extração em ecossistemas naturais. Segundo Wong (2000), a oposição em considerar produtos oriundos de plantações comerciais como PFNM está na baixa biodiversidade associada a esse tipo de cultivo em comparação a extração de ecossistemas nativos.

Outro aspecto relevante para a terminologia de PFNM é a definição de floresta. O conceito de ambiente florestal é representado pela predominância de espécies arbóreas com formação de dossel. Assim, o conceito de floresta restringe sobremaneira os produtos que

seriam incluídos na classificação de PFNM e, realmente, isso não ocorre na prática, visto que são numerosos os PFNM oriundos de formações savânicas e campestres. As savanas africanas, por exemplo, produzem PFNM valiosos, como o fruto de *Sclerocarya birrea*, conhecido como marula, usado na produção de um licor comercializado internacionalmente (SHACKLETON et al., 2002; EMANUEL et al., 2005).

No Brasil, são encontrados ecossistemas savânicos e campestres, como o cerrado *sensu stricto* e os campos limpos, com exploração e comercialização de vários PFNM. Dentre esses PFNM, podem ser citados o capim dourado (*Syngonanthus nitens*), que é encontrado nos campos úmidos, e o pequi (*Caryocar brasiliense*), que é comum ao cerrado, sendo ambos largamente conhecidos e comercializados regionalmente (VERA et al., 2005; OLIVEIRA, 2006, SCHMLDT et al., 2007)

No início da década de 90, a definição de PFNM era de “produtos florestais inferiores”, pois a maioria dos PFNM era consumida pelas populações locais e não comercializados (ARNOLD & PÉREZ, 2001; DELANG, 2006). Além disso, a madeira era considerada o principal produto, sugerindo que o valor da floresta consistia apenas em sua oferta de madeira serrada. Essa percepção negligenciava os outros benefícios, bens e serviços oferecidos pelas florestas, dentre os quais a diversidade de PFNM e as externalidades positivas geradas pelas florestas (DELANG, 2006).

Os benefícios das florestas e outras formações vegetacionais nativas são a manutenção da diversidade biológica, o controle e a prevenção de processos erosivos, a manutenção da quantidade e qualidade de água ofertada pelos mananciais, a melhoria da qualidade do ar e a regulação da temperatura regional. Desse modo, considerar a madeira o único e principal produto florestal é reduzir a importância das florestas para a manutenção da qualidade de vida humana e da biosfera, contribuindo para sua desvalorização e destruição.

3.1.2 - Histórico

Desde que as populações humanas habitam as regiões florestais, o manejo dos PFNM para subsistência tem alterado a estrutura e composição das florestas e outras formas de vegetação. Essa premissa de que os ecossistemas representam um sistema a ser preservado

e intocado vem sendo questionada, pelo simples fato de que o homem interage com a floresta há gerações (BENSUSAN, 2006). Contudo, em função da perda de ecossistemas nativos pelo desmatamento, a conservação dos fragmentos restantes no mundo é condição *sine qua non* para resguardar pelo menos parte da biodiversidade.

Segundo Fiedler et al. (2005), no Brasil, a extração de PFNM foi incentivada com a realização da II Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio 92). A partir dessa Conferência, o desenvolvimento sustentável vem sendo o determinante da maioria das ações relacionadas ao uso dos recursos florestais.

Nesse contexto, os PFNM são recursos naturais com características favoráveis para atingir o desenvolvimento sustentável, pelo menos em escala local. Para Neumann & Hirsch (2000), o que torna os PFNM diferentes da madeira e importantes para as estratégias de conservação é a suposição de que a floresta permanecerá relativamente intacta biologicamente sob um regime sustentável de extração.

Atualmente, tem aumentado o interesse pelos PFNM, visto que sua extração causa menos impactos negativos quando comparado à exploração madeireira (TICKTIN, 2004) e outros usos intensivos do solo, como a agropecuária. Além do benefício ambiental, há o benefício social, pois as populações rurais comercializam os PFNM, inserindo-os na economia local (NEUMANN & HIRSCH, 2000).

É preciso, contudo, alertar que a extração de PFNM pode se tornar não sustentável, causando a redução do recurso ou até mesmo sua extinção, como destacado por Hall & Bawa (1993). Para evitar a redução do recurso é essencial praticar o manejo florestal sustentável. Segundo a Lei nº 11.284 de 2006, o manejo florestal sustentável consiste na administração da floresta para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies madeireiras, de múltiplos produtos e subprodutos não madeireiros, bem como a utilização de outros bens e serviços de natureza florestal.

Desse modo, o manejo florestal sustentável consiste no uso de um recurso, seja ele madeireiro ou não, baseado na dinâmica de crescimento e ecologia da espécie explorada,

levando em conta seu ecossistema. O manejo objetiva explorar apenas a quantidade de produto que não comprometa a regeneração e a manutenção da espécie em seu ambiente, mantendo os estoques necessários às gerações futuras. Pelas premissas e objetivos do manejo florestal, a principal exigência para sua realização é qualificar e, principalmente, quantificar o recurso oferecido pela floresta.

3.1.3 - Importância sócio-econômica

Os PFNM fazem parte de grandes mercados regionais e internacionais e, durante séculos, alguns produtos como especiarias, plantas medicinais, fragrâncias e resinas estimularam viagens de exploração e sustentaram rotas comerciais em todo o mundo (SHANLEY et al., 2005). Hall & Bawa (1993) alegam que muitas espécies produtoras de PFNM são fontes potenciais de novos genes e produtos, particularmente drogas medicinais e, portanto, são consideradas valiosas para a agricultura e para a indústria farmacêutica. Para os países em desenvolvimento, detentores de ecossistemas com alta biodiversidade, como o Brasil, esse patrimônio genético da sócio-biodiversidade é assunto de extrema relevância.

O consumo de frutos do ecossistema local é muito praticado pelas comunidades rurais dos países em desenvolvimento (SHACKLETON et al., 2002). Em função de suas características nutricionais, consistem em importante fonte de alimento, além de gerar renda e emprego no meio rural. Na Amazônia, o extrativismo de PFNM desempenhou um papel significativo na história econômica da região através da comercialização do látex (retirado da *Hevea brasiliensis* ((Willd. Ex A. Juss.) Müll. Arg.) e, atualmente, com o comércio da castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), da andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), da copaíba (*Copaifera* sp.) e outros (SHANLEY & MEDINA, 2005; SHANLEY et al., 2005).

O IBGE divulgou as estimativas da produção da Extração Vegetal e da Silvicultura do ano de 2007, informando a participação de diversos PFNM, como informado na Tabela 3.1. Os dados apresentados pelo IBGE indicam que a madeira ainda é o produto florestal com maior participação na geração de divisas, principalmente através do setor de celulose e papel.

O extrativismo vegetal é o processo de exploração dos recursos vegetais nativos que compreende a coleta de produtos como madeiras, látex, sementes, fibras, frutos e raízes, entre outros, de forma racional, permitindo a obtenção de produções sustentadas ao longo do tempo, ou de modo primitivo e itinerante, possibilitando, geralmente, apenas uma única produção (IBGE, 2007).

Tabela 3.1- Produção brasileira da extração vegetal e da silvicultura em 2007.

	Silvicultura ¹	Extrativismo vegetal ²	Produção Total						
Porcentagem (%)	68,7	31,3	100,0						
Valor em R\$	8,3 bilhões	3,8 bilhões	12,1 bilhões						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Produtos madeireiros</th> <th>Produtos não madeireiros</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>84,2%</td> <td>15,8%</td> </tr> <tr> <td>3,2 bilhões</td> <td>585,3 milhões</td> </tr> </tbody> </table>	Produtos madeireiros	Produtos não madeireiros	84,2%	15,8%	3,2 bilhões	585,3 milhões	
Produtos madeireiros	Produtos não madeireiros								
84,2%	15,8%								
3,2 bilhões	585,3 milhões								

¹ Silvicultura refere-se ao cultivo de florestas com espécies exóticas ou nativas.

² Extrativismo Vegetal são produtos coletados em vegetações nativas e não cultivadas.

Fonte: IBGE (2007)

Segundo o IBGE (2007), os principais produtos florestais não madeireiros, que se destacam em função da magnitude do valor de suas produções, são: amêndoas de babaçu (R\$ 113,3 milhões), coquilhos de açaí (R\$ 106,6 milhões), fibras de piaçava (R\$ 97,8 milhões), erva-mate nativa (R\$ 87,6 milhões), pó cerífero e cera de carnaúba (R\$ 63,7 milhões e R\$ 14,9 milhões, respectivamente), castanha-do-pará (R\$ 45,4 milhões), palmito nativo (R\$ 9,9 milhões), látex coagulado de *Hevea* sp. ou seringueira nativa (R\$ 7,5 milhões). Esses produtos, em conjunto, somaram 91,7 % do valor total da produção extrativista vegetal não-madeireira do Brasil, ou seja, R\$ 585,3 milhões. Dentre os outros produtos oriundos de extração vegetal, estão as amêndoas do pequi, cuja produção somou, em 2007, 5.363 toneladas e um total de R\$ 6,0 milhões, aproximadamente.

A menor participação dos PFNM (4,84 % da produção florestal total) pode ser um indicativo das características intrínsecas a esses produtos, como: menor valor de mercado, produção em pequena escala e a exclusão da economia formal e, portanto, das estatísticas

do setor florestal. Tal situação parece provocar uma sub-estimativa da importância econômica dos PFM, além de excluir das análises os benefícios sociais, culturais e ambientais associados a esses produtos.

No intuito de garantir retornos às comunidades que comercializam produtos florestais não madeireiros, recentemente o Conselho Monetário Nacional estabeleceu preços mínimos para dez produtos extrativistas. O estabelecimento de preços mínimos está previsto na Lei nº 11.775 de 2008 (antiga MP-432) e vem sendo ampliada aos produtos do agroextrativismo. A política de preços mínimos faz parte de um objetivo maior, que é valorizar os produtos da sócio-biodiversidade dos biomas brasileiros, sendo parte da Política Nacional de Sustentabilidade de Povos e Comunidades Tradicionais (instituída pelo Decreto nº 6.040 de 7 de fevereiro de 2007).

Dentre os produtos que tiveram seu preço mínimo estabelecido, está o pequi. Os preços fixados variam de R\$ 0,21 a R\$ 0,31/kg, o que ainda é pouco para a real valorização econômica dos produtos florestais não madeireiros comercializados por comunidades tradicionais e pela população rural do Brasil.

Segundo Balzon et al. (1994), no Brasil, a abertura comercial e a demanda do mercado é um fator preocupante para o uso adequado dos produtos florestais (madeireiros ou não), em função da tradição predatória. Assim, os benefícios gerados pelo mercado desses produtos ainda são pequenos e, para mudar tal conjuntura, Balzon et al. (1994) destaca que as restrições ambientais trazem novas oportunidades para buscar o equilíbrio entre a conservação e a produção econômica.

Apesar da conceituação e da classificação dos produtos não madeireiros estarem em contínua discussão e seguirem diferentes tendências, no Brasil, o IBGE vem adotando uma classificação em grupos de produtos extrativos. Isso desconsidera outras abordagens mais biológicas, ou àquelas relativas aos serviços e benefícios gerados pelas florestas, ou ainda a abordagem conservacionista (SANTOS et al., 2003).

3.1.4 - Manejo Florestal e Sustentabilidade

Existem evidências de que muitos PFSM não são explorados em bases sustentáveis (HALL & BAWA, 1993; BOOT & GULLISON, 1995). A definição de extração sustentável por Hall & Bawa (1993) é:

“Em termos ecológicos a extração é considerada sustentável se a exploração não tiver, a longo prazo, efeitos deletérios na reprodução e regeneração da população explorada em comparação à uma população equivalente não explorada. Ademais, o extrativismo sustentável não deveria produzir efeitos adversos em outras espécies da comunidade ou na estrutura e função do ecossistema.”

O conceito de sustentabilidade de Hall & Bawa (1993) foi criticado por Boot & Gullison (1995) em função de seu caráter pouco prático e real. Ao citar Poore et al. (1989b), Boot & Gullison (1995) afirmam que é irracional esperar que a extração de quantias significativas de qualquer produto florestal possa ser feita sem causar algumas mudanças no ecossistema.

Desse modo, Boot & Gullison (1995) sustentam que, para os produtos florestais serem mais competitivos economicamente com outros usos da terra, é preciso flexibilizar o entendimento dos efeitos presentes em uma floresta manejada. Por isso, propõe que seja suficiente um sistema de extração no qual não haja perda de espécies e alterações irreversíveis nos processos ecossistêmicos.

Segundo Ticktin (2004), a extração altera os processos biológicos em muitos níveis, embora seja freqüente assumir o pouco ou nenhum impacto negativo na exploração de PFSM. As mudanças podem ser na fisiologia do indivíduo, no tamanho da população e no seu padrão genético, além de alterar a dinâmica da comunidade e do ecossistema.

A extração ecologicamente sustentável de um PFSM pode ser realizada segundo os seguintes passos propostos por Peters (1994): a) seleção da espécie; b) inventário florestal; c) estudos de produção; d) avaliação periódica da regeneração; e) avaliação periódica da extração e f) ajustes na extração (Figura 3.1).

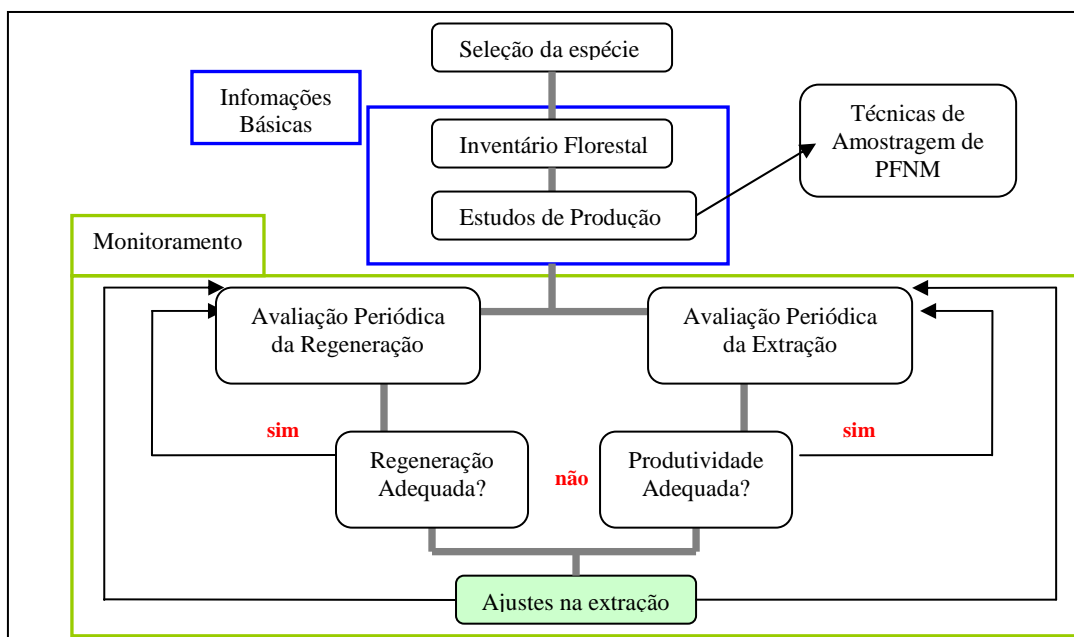


Figura 3.1 - Fluxograma da estratégia para a exploração de produtos florestais não madeireiros em bases sustentáveis. Fonte: Adaptado de Peters (1994).

A seleção da espécie a ser manejada deve ser baseada, principalmente, em critérios sociais e econômicos; além de considerar o seu potencial para ser extraída sustentavelmente. É importante considerar os aspectos ecológicos da espécie, como seu ciclo de vida, fenologia reprodutiva, síndromes de polinização e dispersão, tipo de produto gerado, sua abundância na floresta e sua distribuição de tamanhos (classes diamétricas, no caso de árvores) (PETERS, 1994).

O inventário florestal pode ser definido como uma atividade que visa obter informações qualitativas e quantitativas dos recursos florestais existentes em uma área pré-especificada (PÉLLICO NETTO & BRENA, 1997). Desse modo, o inventário florestal fornece informações essenciais sobre a posição da espécie na floresta através da quantificação da densidade e da distribuição em classes diamétricas, além de outras variáveis. Uma das informações geradas é o número total de indivíduos exploráveis por hectare, indispensável para avaliar a produção da área.

A quantificação da produção de uma espécie é uma etapa fundamental que vem sendo negligenciada nos estudos dos PFM. Peters (1994) relata que o objetivo básico desses estudos é obter uma estimativa confiável da quantidade total de recursos (PFM)

produzidos por uma espécie em diversos habitats e fisionomias. Segundo esse mesmo autor, um estudo de produção deve ser conduzido em três etapas:

- a) Dada a dificuldade, tanto financeira quanto de tempo, de mensurar a produção de todos os indivíduos da população, recomenda-se realizar procedimentos de amostragem. É preciso que a amostra seja representativa, incluindo plantas de todas as classes de diâmetro, pois existe uma tendência de árvores maiores produzirem e contribuírem mais com a produção;
- b) Medir a produtividade de cada indivíduo amostrado, onde a metodologia varia de acordo com o tipo de PFNM;
- c) Correlacionar o tamanho da planta ou variáveis dendrométricas, como DAP, com a produção, a fim de obter equações de estimativa da produção.

Uma das informações relevantes para os estudos de produção, segundo Peters (1994), é a variação na produção de frutos de ano para ano, comportamento comum nas plantas tropicais. Dentre os fatores que influenciam na variabilidade da produção estão: características genéticas, temperatura, precipitação, incidência solar, nutrientes do solo, polinização e competição (LAMIEN et al., 2007; LEITE et al., 2006; PETERS, 1994).

É interessante ressaltar ainda que a frutificação, e conseqüentemente, a produção é dependente também da polinização das flores por animais para a maioria das espécies tropicais (PETERS, 1994). Desse modo, a regeneração da espécie está relacionada também ao sucesso na polinização. Além da polinização, as plantas dependem dos animais para dispersar seus propágulos. De acordo com Peters (1994), a distribuição e abundância das plântulas de uma espécie são freqüentemente controladas pela ação dos agentes dispersores.

Portanto, o sucesso na produção de frutos e sementes é influenciado pelos seguintes fatores: quantidade de flores disponíveis, número de flores / inflorescência, quantidade de pólen, taxa de produção de néctar e distribuição espacial das plantas (PETERS, 1994). Todos esses fatores influenciam o comportamento dos polinizadores, segundo Baumgarten

(1994). Além disso, depois que os frutos são produzidos, uma parte considerável deles é abortada.

A quarta etapa para implantar a sustentabilidade da extração é a avaliação periódica da regeneração (PETERS, 1994). Essa etapa consiste em quantificar as plântulas e as mudas (indivíduos novos) de forma a monitorar como essa densidade varia em resposta aos diferentes níveis de extração.

A avaliação e o ajuste da extração configuram um procedimento de monitoramento da população explorada a fim de detectar com maior rapidez as possíveis mudanças no ecossistema e nas plantas. A principal ferramenta através da qual a sustentabilidade é medida é a avaliação da regeneração. Caso a densidade da regeneração diminua, há um indicativo de que a extração está ultrapassando a resiliência da espécie. Peters (1994) sugere a tomada de medidas mitigadoras desse processo de redução da regeneração, como, por exemplo, reduzir o número de indivíduos explorados ou limitar a área de extração.

Uma série de aspectos ecológicos referentes aos ambientes tropicais dificulta alcançar a sustentabilidade na extração de PFNM. Para Peters (1994), as principais dificuldades são: a) a alta diversidade e a baixa densidade populacional das espécies de plantas; b) a irregularidade na floração e na frutificação; c) a importância dos animais para a polinização e a dispersão de sementes; d) a alta mortalidade e o baixo estabelecimento de plântulas; e) a sensibilidade da estrutura da população às mudanças no nível natural de regeneração.

Desse modo, a sustentabilidade da extração de produtos florestais não madeireiros requer estudos de longo prazo, inclusive comparando áreas sob pressão de atividades de coleta e áreas preservadas. Apesar da necessidade de estudos de longo prazo, Zardo (2008) concluiu, em um estudo de dois anos no Cerrado com pequi (*Caryocar brasiliense*), que essa espécie é resistente à exploração de seus frutos. Para Zardo (2008), apenas adotando medidas compensatórias na área explorada, como plantio de mudas de pequi, é possível manter a população de *C. brasiliense* estável. Além disso, o mesmo autor indica que é preciso deixar na área de coleta 43 % dos frutos para garantir a sustentabilidade da extração e a alimentação da fauna nativa.

3.2 - CARACTERIZAÇÃO DO BIOMA CERRADO

O bioma Cerrado é classificado como um dos mais ricos e ameaçados ecossistemas mundiais, em função do alto endemismo das plantas e de outras formas de vida e da crescente perda de habitat (FELFILI et al., 2005a). É o segundo maior bioma brasileiro, logo após a Amazônia, ocupando originalmente uma área de dois milhões de km², ou seja, cerca de 23 % do território nacional (RIBEIRO & WALTER, 2008). Os Estados que se encontram na porção central do Cerrado são: Goiás, Tocantins, Mato Grosso do Sul, Distrito Federal, oeste da Bahia e de Minas Gerais e a parte sul do Mato Grosso.

Além dessas áreas, existem manchas de Cerrado no sul do Maranhão, norte do Piauí e oeste de Rondônia. Em São Paulo, ocorre como uma série de manchas isoladas que cobrem cerca de um quinto do estado. Áreas isoladas de Cerrado também ocorrem nos Estados do Amapá, Amazonas, Pará e Roraima. No sul do país, existem pequenas ilhas no Paraná (EITEN, 1990; RIBEIRO & WALTER, 1998).

Segundo Klink & Machado (2005), mais da metade da área original de Cerrado foi transformada em pastagens e agricultura, além de outros usos, nos últimos 35 anos. Como consequência da expansão agropecuária, Machado et al. (2004) afirmam que o Cerrado pode desaparecer no ano de 2030 (fora das áreas protegidas), caso as taxas de ocupação permaneçam causando uma perda anual de 2,2 milhões de hectares de áreas nativas. Essa perda foi calculada por uma taxa média de desmatamento igual a 1,1 % ao ano, sendo que a previsão de extinção do Cerrado foi feita considerando sua área remanescente de 34 %.

Klink & Machado (2005) afirmam ainda que, além das taxas de desmatamento historicamente superiores no Cerrado em comparação às da Floresta Amazônica, apenas 2,2 % da área de Cerrado está legalmente protegida por Unidades de Conservação de proteção integral. Além do reduzido percentual de áreas protegidas, Ferreira et al. (2008) afirmam que, no período de 2003 a 2006, os desmatamentos no Estado de Goiás foram reduzidos, mas alguns dos polígonos identificados estavam dentro de Unidades de Conservação. Por essas razões, a conservação do Cerrado é um desafio que requer, dentre outros instrumentos, a valorização de seus recursos naturais, principalmente da flora nativa e seu potencial para usos econômicos, visando o desenvolvimento sustentável.

A situação de ameaça a que está sujeito o Cerrado é enfatizada por Fonseca et al. (2008) por meio da contradição que permeia a percepção do bioma. Segundo esses autores, o Cerrado é, ao mesmo tempo, uma prioridade global para a conservação e o principal local de desenvolvimento do agronegócio brasileiro. Segundo Fonseca et al. (2008), o Cerrado responde por 30 % do Produto Interno Bruto do País (PIB), produzindo mais de 40 % da soja, 25 % do milho e 20 % do arroz, café e feijão brasileiros, além de um terço da carne bovina. Reafirmando o intenso uso agropecuário das áreas de Cerrado, Ribeiro et al. (2008) lembram que as atuais formas de aproveitamento das espécies nativas e uso dos diversos ambientes do Cerrado na agricultura são precários e ineficientes em função de sua complexidade.

Segundo Felfili (2002), a perda de áreas de Cerrado leva a uma alta taxa de extinção, visto que a distribuição de muitas espécies é restrita a certas localidades. Mesmo as espécies de ampla ocorrência estão ameaçadas, pois há uma grande variação no tamanho das populações de um local para o outro, configurando mosaicos de vegetação.

No caso da espécie *Caryocar brasiliense*, por exemplo, Aquino et al. (2008b) relatam que apesar da ampla distribuição, muitas áreas de ocorrência da espécie não são protegidas, o que pode comprometer a seleção de indivíduos com fenótipos interessantes para uma possível seleção de matrizes. A pressão sobre as áreas remanescentes, mesmo para as espécies com ampla distribuição geográfica como o pequi, pode causar extinção local dessas populações.

A situação de ameaça a que está sujeito o bioma, juntamente com a elevada biodiversidade e endemismo, o classificam como um *hotspot* mundial (MYERS et al., 2000; MITTERMEIER et al., 2005). Segundo Aguiar et al. (2004), o Cerrado representa, aproximadamente, 33 % da diversidade biológica do Brasil. Mas essa participação pode ter aumentado em função da atualização da lista de espécies do bioma, publicada por Mendonça et al. (2008), que citam a existência de 11.627 espécies componentes da flora nativa do Cerrado.

Somada à elevada biodiversidade, o Cerrado constitui um bioma de fundamental importância para as principais bacias hidrográficas do Brasil, pois é nessa região planáltica central que nascem as águas abastecedoras da bacia Amazônica, Paraná e São Francisco

(LIMA & SILVA, 2005). Desse modo, o Cerrado contribui com 14 % da produção hídrica superficial brasileira, mas quando a bacia Amazônica é excluída esse valor aumenta para 43 %, indicando a importância do bioma (LIMA & SILVA, 2005).

Apesar dessa riqueza biológica, o Cerrado não possui tantas políticas conservacionistas quanto a Amazônia ou a Mata Atlântica, de forma que a sua área protegida ainda é insuficiente para resguardar todo o seu patrimônio natural e biológico. Somada à diversidade de formas de vida e de espécies de plantas, o Cerrado também apresenta uma fauna diversificada de acordo com os dados de Aguiar et al. (2004), com muitos exemplares endêmicos do bioma.

No que se refere aos fatores abióticos, o clima do Cerrado é caracterizado pela sazonalidade, estando as chuvas concentradas nos meses de outubro a março, com precipitação média anual de 1.500 mm. De acordo com Köppen, o clima do Cerrado é classificado como Aw (tropical chuvoso) e nas regiões mais altas, acima de 1.200 metros de altitude, como Cwa. Já os solos do Cerrado são profundos, porosos e bem drenados, bastante intemperizados e, por isso, apresentam poucas bases trocáveis, alto teor de alumínio e baixo valor de pH. Desse modo, são conhecidos como solos pouco férteis e com pouca disponibilidade de nutrientes. No Cerrado, os latossolos representam cerca de 41 % da área e os neossolos quartzarênicos somam 15 % da área total do bioma (REATTO et al., 1998; REATTO & MARTINS, 2005).

Conforme Eiten (1994), a condição extrema do substrato caracteriza a vegetação do Cerrado como um “clímax edáfico”, pois as plantas nativas são adaptadas à condição oligotrófica dos solos. Arens (1958) concluiu que as árvores do Cerrado não restringem sua transpiração durante a estação seca em função de suas raízes profundas atingirem o lençol freático, sendo seu escleromorfismo explicado pela deficiência de nutrientes no solo.

O Cerrado apresenta diferentes formações vegetais que, segundo Ribeiro & Walter (1998, 2008) são classificadas em florestais, savânicas e campestres (Figura 3.2). As formações florestais são as matas ciliares, matas de galerias, matas secas (florestas estacionais) e também o cerradão. As formações savânicas compreendem o cerrado *sensu stricto* (subdividido em denso, cerrado típico, cerrado ralo e cerrado rupestre), o parque de

cerrado, o palmeiral e a vereda. Já as formações campestres são compostas pelo campo sujo, campo rupestre e campo limpo.



Figura 3.2 - Perfil esquemático das fitofisionomias do bioma Cerrado. Fonte (RIBEIRO & WALTER, 2008).

Segundo Eiten (1994), o gradiente de formas fisionômicas do cerrado *sensu lato* é influenciado por três aspectos do substrato: a fertilidade e o teor de alumínio disponível, a profundidade e o grau de saturação da camada superficial ou sub-superficial. Assim, para o cerrado *sensu lato*, em áreas com maior declividade a profundidade do solo diminui, acarretando a abertura da fisionomia e a redução da densidade da camada lenhosa.

Além da profundidade, o encharcamento também é um fator de redução da camada lenhosa para o cerrado *sensu lato*. O cerrado *sensu lato* é definido por Coutinho (1978), através do conceito “floresta-ecótono-campo”, como o gradiente de fisionomias que abrange o campo limpo, o campo sujo, o campo cerrado, o cerrado *sensu stricto* e o cerradão.

Ademais, o gradiente fisionômico é modificado também pelo fogo, dependendo da sua frequência e intensidade. O fogo é um elemento integrante da dinâmica dos ambientes savânicos do Cerrado e as plantas dessas fitofisionomias possuem adaptações para sobreviver à sua ocorrência, como por exemplo: suberização dos troncos e galhos (garantindo isolamento térmico da camada cambial), presença de estruturas de reprodução vegetativa (xilopódios) e frutos protetores das sementes. Mesmo com essas adaptações, as queimadas promovem mudanças na estrutura e na fisionomia do Cerrado (FIEDLER et al., 2004).

Para Henriques (2005), na ausência ou baixa frequência de fogo, os variados tipos de vegetação no gradiente fisionômico podem ser resultantes das condições edáficas. Mas, na ocorrência do fogo, os tipos fisionômicos sofrem uma regressão para uma fisionomia mais aberta de cerrado *sensu lato*. Dessa forma, o autor ressalta a importância de considerar a história de fogo das áreas inventariadas quando houver comparações florísticas entre áreas de cerrado *sensu stricto*, pois pode haver uma diferença de estágios sucessionais que influem na similaridade florística.

As queimadas frequentes alteram a flora e as características fisionômicas do cerrado, mas não têm qualquer relação com os processos evolutivos que originaram as plantas típicas do bioma (ALVIM, 1996). Segundo Miranda et al. (2004) e Miranda & Sato (2005), o fogo modifica a estrutura da vegetação pela mudança na taxa de mortalidade de indivíduos de menor porte e na taxa de regeneração da vegetação lenhosa. Sambuichi (1991) relata os efeitos negativos do fogo, como o baixo recrutamento de espécies lenhosas, o aumento do entouceiramento e a redução da diversidade de espécies.

Um dos fatores que influencia na resiliência da vegetação do Cerrado ao fogo são as perdas de nutrientes que ocorrem com as queimadas, seja por volatilização, seja por carreamento e lixiviação com as primeiras chuvas. Para Miranda et al. (2004), o maior impacto do fogo sobre a ciclagem de nutrientes no Cerrado está na mobilização dos nutrientes estocados na biomassa (viva e morta) da vegetação e na serapilheira.

O estoque de carbono que o Cerrado acumula em sua biomassa, aérea e subterrânea, ainda é subestimado nas análises sobre as emissões de gases de efeito estufa brasileiras, atribuídas à mudança do uso do solo. A mudança no uso do solo, ou o desmatamento da vegetação nativa, são responsáveis por 75 % das emissões brasileiras de CO₂, segundo dados apresentados no Plano Nacional sobre Mudança do Clima publicado pelo Governo Federal (BRASIL, 2008). Apesar da significativa emissão de gases de efeito estufa pelo desmatamento do Cerrado, as políticas públicas de conservação da vegetação nativa são direcionadas prioritariamente à Floresta Amazônica.

Existem trabalhos que mostram a elevada quantidade de biomassa presente na vegetação nativa do Cerrado. No trabalho de Abdala et al. (1998) foi encontrado um total de biomassa em um cerrado *sensu stricto* sobre um latossolo vermelho igual a 26.020 Kg.ha⁻¹,

considerando estrato herbáceo e lenhoso, serapilheira e matéria orgânica (até 620 cm de profundidade). Já Castro & Kauffman (1998), estudando quatro fisionomias de Cerrado, encontraram valores de 5,5 Mg.ha⁻¹ a 29,4 Mg.ha⁻¹ para a biomassa aérea e 16,3 Mg.ha⁻¹ a 52,9 Mg.ha⁻¹ para a biomassa subterrânea. Isso significa que para as fisionomias estudadas (campo limpo, campo sujo, cerrado aberto e denso) a maior parte da biomassa está na parte subterrânea da vegetação.

Esses dados comprovam a importância do Cerrado como uma vegetação com significativa contribuição para o sequestro e acúmulo de carbono através da biomassa. Mas é importante destacar que as estimativas de estoque de biomassa e carbono são diferentes e bastante variáveis entre fitofisionomias e dentro de uma mesma fitofisionomia (BUSTAMANTE & OLIVEIRA, 2008).

3.2.1 - Cerrado *sensu stricto*

A fitofisionomia de cerrado *sensu stricto* ocupa, aproximadamente, 70 % do bioma, segundo Eiten (1972). Em função de sua predominância, o cerrado *sensu stricto* é objeto de estudo de inúmeros levantamentos que visam analisar a composição e estrutura florística dos remanescentes de vegetação. Esses estudos são importantes devido à existência de poucas áreas remanescentes e à intensa fragmentação das mesmas, o que coloca em risco a conservação da biodiversidade e dos processos ecológicos.

Segundo Ribeiro & Walter (1998, 2008), o cerrado *sensu stricto* caracteriza-se pela cobertura arbórea variável de 5 % (cerrado ralo) até 70 % (cerrado denso), com árvores baixas, inclinadas, tortuosas e de ramificações irregulares. A vegetação é composta de dois estratos: um estrato contínuo de herbáceas e um estrato lenhoso com a maioria das árvores entre dois e oito metros de altura (RIBEIRO & WALTER, 1998). O cerrado típico, que é a fisionomia intermediária entre o cerrado ralo e denso, apresenta altura média de 4,5 metros.

Em relação à riqueza florística do cerrado *sensu stricto*, inúmeros trabalhos abordaram o tema da diversidade de espécies arbóreas e seus padrões de distribuição espacial. Ratter et al. (1996) compilaram uma lista com as espécies arbóreas mais características do cerrado *sensu stricto* com ocorrência em pelo menos 50 % das áreas levantadas. Dentre essas

espécies características está *Caryocar brasiliense* Camb., indicando sua ampla distribuição no Cerrado.

Os levantamentos florísticos já realizados no cerrado *sensu stricto* mostram a grande riqueza de espécies e uma contínua variação na composição florística (RATTER et al., 2000). Segundo Felfili et al. (1998) e Felfili & Silva Júnior (2001), os índices de diversidade de Shannon variam de 3,04 a 3,73 nats/indivíduos e a riqueza florística de 55 a 97 espécies lenhosas. A densidade média encontrada em unidades de conservação do Distrito Federal foi de 1.275 ind./ha para um limite de inclusão de cinco centímetros de diâmetro (tomado a 30 cm do solo), segundo Felfili et al. (1998).

Ao comparar dados florísticos de 15 localidades distintas, distribuídas pela Chapada Pratinha, Chapada dos Veadeiros e Espigão Mestre do São Francisco, Felfili & Silva Júnior (2005) concluíram que apenas nove espécies foram comuns a todas essas áreas. Essas espécies de ampla distribuição podem ser consideradas típicas do cerrado *sensu stricto* na área “core”: *Acosmium dasycarpum*, *Aspidosperma tomentosum*, *Bowdichia virgilioides*, *Byrsonima coccolobifolia*, *Erythroxylum suberosum*, *Kielmeyera coriacea*, *Ouratea hexasperma*, *Qualea grandiflora* e *Tabebuia ochracea*. A existência de poucas espécies comuns nas 15 localidades, apesar da alta similaridade florística encontrada, confirma que a distribuição das espécies no cerrado *sensu stricto* ocorre em mosaicos, corroborando com Felfili & Silva Júnior (1993). Cada mosaico possui uma combinação diferente com menos de 100 espécies de árvores. Assim, tem-se o padrão de distribuição com poucas espécies muito abundantes em alguns sítios e raras ou ausentes em outros.

Segundo Ratter & Dargie (1992), em geral, é raro encontrar mais do que 120 espécies de árvores e arbustos grandes, mesmo nas localidades com maior riqueza, existindo consideráveis diferenças entre áreas em relação à composição de espécies. Ratter & Dargie (1992) confirmaram esse comportamento da vegetação analisando 26 áreas de Cerrado em todo o Brasil, ao encontrar apenas 27 das 485 espécies registradas em 15 ou mais sítios e 230 espécies presentes em apenas uma das localidades.

A composição florística de 170 localidades foi feita por Ratter et al. (2001), abrangendo áreas de cerrado *sensu lato* através de levantamento ecológico rápido. Nesse levantamento,

foram encontradas 463 espécies lenhosas das quais apenas 40 apareceram em 49 % ou mais levantamentos, dentre elas: *Caryocar brasiliense* Camb..

Para Ratter et al. (2000), os padrões de distribuição podem ser resultado da ocorrência e da densidade de espécies com distribuição ampla e da frequência das espécies com distribuição restrita dentro do bioma. Desse modo, as populações das espécies variam muito na totalidade do bioma. Em relação às estratégias de conservação e ao manejo do Cerrado, o conhecimento sobre a ocorrência das espécies deve ser aliado ao tamanho das populações para o planejamento das ações.

Em uma área de cerrado *sensu stricto* no Distrito Federal, na Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília, Hay et al. (2000) estudaram a distribuição espacial das espécies *Caryocar brasiliense*, *Pterodon pubescens*, *Sclerolobium paniculatum*, *Syagrus comosa* e *Syagrus flexuosa*. Os autores concluíram que tais espécies possuem um padrão agrupado de distribuição dentro da comunidade estudada e que tal fato é esperado para as espécies com diásporos pesados (como *C. brasiliense*) ou espécies com crescimento vegetativo (como *P. pubescens*). Em levantamento da vegetação no Distrito Federal, Nunes et al. (2002) classificaram a espécie *Caryocar brasiliense* como muito pouco abundante (populações médias entre 23,11 e 32,49 ind.ha⁻¹), pouco dominante (área basal entre 0,284 e 0,566 m².ha⁻¹), mas frequentes (ocorreram em 82 % das parcelas amostradas).

Em relação à concentração dos nutrientes foliares, Haridasan (2005) concluiu que, apesar da elevada riqueza de espécies arbóreas no cerrado *sensu stricto*, poucas espécies constituem as maiores populações e contribuem com a maior parte da biomassa e estoque de nutrientes. Dentre as espécies mais abundantes e com maior número de indivíduos, aliados à menor concentração de nutrientes nas folhas estão *Qualea parviflora* e *Caryocar brasiliense*. Essas espécies aparentam ser menos exigentes em nutrientes, sendo de ampla distribuição geográfica na região do Cerrado. O conhecimento das espécies menos exigentes nutricionalmente, que são capazes de produzir elevadas quantidades de biomassa em solos com baixa disponibilidade de nutrientes, é um importante critério para escolha de espécies para recuperação de áreas degradadas e para os Planos de Manejo.

3.3 - PRODUTOS FLORESTAIS NÃO MADEIREIROS NO CERRADO

Os produtos florestais não madeireiros são o grande potencial do Cerrado, com destaque para as espécies frutíferas e medicinais. Atualmente, há uma significativa movimentação econômica regional e até internacional pela comercialização dos PFNM do Cerrado. O interesse no uso e comércio desses produtos vem aumentando junto à necessidade de estudos sobre o manejo sustentável, principalmente de quantificação da produção. No Cerrado, segundo May et al. (2001), existe grande quantidade de PFNM potencialmente úteis e viáveis para exploração econômica.

No Cerrado, muitas plantas medicinais e alimentícias são usadas e comercializadas, gerando alimentos alternativos e renda adicional para as comunidades, principalmente, em caráter estacional (FELFILI et al., 2004). Segundo Felfili et al. (2004), as principais plantas coletadas são a arnica (*Lychnophora ericoides*), a casca de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*), o velame (*Macrosiphonia velame*), frutos de sucupira (*Pterodon pubescens*), mangaba (*Hancorina speciosa*), pequi (*Caryocar brasiliense*), sempre-vivas, folhas e palmitos de palmeiras.

Os frutos comestíveis de espécies nativas do Cerrado são conhecidos regionalmente e comercializados *in natura*, em forma de polpa, doces ou sorvetes. Dentre esses PFNM estão: cagaita (*Eugenia dysenterica* Mart. ex DC.), jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex. Hayne), mangaba (*Hancornia speciosa* Gomez.), araticum (*Annona crassiflora* Mart.), buriti (*Mauritia vinifera* Mart.), gabioba (*Camponesia cambessedeano* Berg.), cajuzinho (*Anacardium humile* St. Hil.) e murici (*Byrsonima verbascifolia* (L.) Rich. ex. A. L. Juss). Gusmão et al. (2006) estudaram os endocarpos de murici (*Byrsonima verbascifolia* (L.) Rich. ex. A. L. Juss) pela sua importância regional no norte do Estado de Minas Gerais.

O pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) é uma das espécies de destaque do Cerrado, devido a sua ampla distribuição no bioma e sua importância econômica, social e cultural. Em função dessa importância, o Pequi é conhecido como uma das espécies mais marcantes da flora brasileira (SOUZA & LORENZI, 2005), sendo investigados vários aspectos ao seu respeito: caracterização física dos frutos (VERA et al., 2005), maturação e aspectos nutritivos da polpa (OLIVEIRA et al., 2006), fenologia (LEITE et al., 2006), ataque de insetos nos frutos (LOPES et al., 2003), presença de insetos herbívoros (FERNANDES et

al., 2004), sustentabilidade da extração (ZARDO, 2008), micro propagação para obter mudas por via assexuada (SANTOS et al., 2006b) e estrutura genética (COLLEVATTI et al., 2003; MELO JÚNIOR et al., 2004). Além dos estudos biológicos, que tratam das características da espécie, Gulias et al. (2008b) realizaram o mapeamento da cadeia produtiva do Pequi no município de Damianópolis (GO) e demonstraram a rede de atores sociais envolvidos nessa atividade econômica.

Não apenas os frutos são valiosos PFNM no Cerrado. São numerosas as plantas medicinais nativas do Cerrado que também são classificadas como PFNM e têm propriedades terapêuticas conhecidas pelas populações tradicionais e rurais (GUARIM NETO & MORAIS, 2003; SOUZA & FELFILI, 2003; 2006).

Os compostos medicinais das plantas do Cerrado têm sido isolados e testados em pesquisas na área de farmacognosia, comprovando seu potencial na fabricação de cosméticos e medicamentos (HERZOG-SOARES et al., 2002; PAULA JÚNIOR et al., 2006; SANTOS et al., 2006a; SOUZA et al., 2007). Dias et al. (1996) relatam que as plantas medicinais do Cerrado têm elevada importância pelo seu potencial de produção e armazenamento de metabólitos secundários, uma consequência das reações da planta ao ambiente extremo em que vivem.

O barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Cov.) é um exemplo de planta medicinal, sendo largamente utilizado na fabricação de anti-inflamatórios e cicatrizantes (SOUZA et al., 2007). Borges Filho & Felfili (2003) qualificaram e quantificaram os danos causados pela extração da casca de barbatimão concluindo que esses danos geralmente causam a morte dos indivíduos.

As flores também são PFNM explorados do Cerrado, como é o caso das sempre-vivas (GIULIETTI et al., 1996). Ribeiro & Silva (1996) citam o caso do extrativismo de flores secas no Cerrado como a única fonte de renda de parte significativa da população em Alto Paraíso de Goiás, no noroeste goiano. Os mesmos autores ressaltam que as espécies com intensa pressão extrativista podem ser favorecidas quanto à sua conservação, se forem introduzidas estratégias de manutenção e recuperação a curto, médio e longo prazo.

Segundo May et al. (2001), a maioria das espécies é coletada sazonalmente por trabalhadores rurais e agricultores familiares, que são categorias descapitalizadas e sem apoio de políticas públicas, como assistência técnica e crédito. Dessa forma, May et al. (2001) afirmam que a exploração eficiente dos PFNM do Cerrado com potencial econômico poderia desempenhar importante papel na dinâmica econômica e no desenvolvimento regional. Um dos exemplos é a comercialização do campim-dourado (*Syngonanthus nitens*) na região do Jalapão, no Estado do Tocantins, que proporciona uma renda de até 1,5 salários mínimos ou, aproximadamente, U\$ 165, considerada alta em comparação com outros PFNM (SCHMIDT, 2005; SCHMIDT et al., 2007).

A contribuição das plantas nativas do Cerrado à economia nacional é muito maior do que a apontada pelas estatísticas oficiais, segundo Felfili et al. (2004). Isso prejudica a análise da dinâmica do extrativismo das espécies nativas como é o caso da faveira (*Dimorphandra mollis*), que é responsável por 50 % da produção mundial de rutina, mas não tem sua importância reconhecida (GOMES & GOMES, 2000; AQUINO et al., 2008a).

Em estudo etnobotânico no município de Cavalcante-GO, Souza & Felfili (2003) afirmam que o uso dos produtos não madeireiros provenientes da exploração sustentável pode ter maior valor de mercado do que a conversão da vegetação para usos como a pastagem. Contudo, segundo essas autoras, é importante que seja feito o uso múltiplo, com coleta de frutos, extração de plantas medicinais e outros produtos para aumentar a renda do uso sustentável.

O potencial para o aproveitamento de PFNM no Cerrado é relevante, sendo necessários estudos relacionados à produção e aos efeitos da extração sobre o ecossistema, de modo a contribuir para a conservação e para o uso sustentável. É preciso ressaltar que, apesar do potencial de uso dos PFNM no Cerrado, não se pode negligenciar o fato de que o aumento da demanda por esses produtos pode ter efeitos adversos, não contribuindo para a conservação, mas sim para a superexploração do recurso. Nesse sentido, a quantificação dos PFNM é necessária não apenas para avaliar o potencial das espécies, mas também para subsidiar o manejo sustentável. Conseqüentemente, as técnicas de amostragem são ferramentas úteis nesse processo.

3.4 - QUANTIFICAÇÃO DE PRODUTOS FLORESTAIS NÃO MADEIREIROS

3.4.1 - Inventário de PFNM

Os métodos de inventário florestal desenvolvidos para a madeira têm sido considerados ineficientes para quantificar os PFNM e raros são os estudos com técnicas de amostragem para PFNM (WONG, 2000). Isso se deve as suas características especiais e variáveis, além da concentração dos estudos sobre PFNM nos aspectos sócio-econômicos e não biométricos (WONG, 2000; BIH, 2006).

Inventário quantitativo de PFNM é a enumeração da abundância e distribuição dos recursos populacionais, de forma que seja representativa e confiável (WONG, 2000). Em virtude do crescente interesse em relação aos PFNM, segundo Wong (2000), é preciso desenvolver desenhos amostrais específicos e adequados ao seu manejo e monitoramento.

Rigor biométrico implica que alguns princípios precisam constituir a base do inventário (BIH, 2006), sendo eles: objetividade do desenho amostral, número de parcelas usadas e independência entre as observações (SCHREUDER et al., 1993; WONG, 2000).

Os métodos de amostragem dependem das características do PFNM, como distribuição da espécie, tamanho e ciclo de vida (WONG, 2000). Sheil (1998), citado por Wong (2000), afirma que diferentes desenhos amostrais (planejamentos) são específicos para diferentes distribuições das espécies. Ståhl et al. (2000), citado por Bih (2006), indica o uso de transectos para amostrar populações espaçadas.

Segundo Bih (2006), uma metodologia com rigor biométrico contribui para a utilização sustentável do recurso, para o planejamento de estratégias e prioridades de políticas públicas e o para o direcionamento do uso a longo prazo. Na maioria dos casos de utilização de PFNM, a super-exploração acontece devido às lacunas de dados confiáveis. Segundo Wong (2000), o rigor biométrico é necessário para produzir dados confiáveis e de qualidade, cujos erros de estimativa possam ser calculados.

A questão ética envolvida nas avaliações de PFNM foi alertada por Wong (2000), pois os dados gerados em bases subjetivas acabam prejudicando o ecossistema e as populações

extrativistas e tradicionais que dependem desses recursos. O mesmo problema se aplica às empresas que tem como base os PFNM, já que a demanda por informações de manejo das espécies é essencial.

Além da responsabilidade social e ambiental, Godoy et al. (1993) apontam a necessidade de dados confiáveis e padronização de metodologias com a finalidade de proporcionar a valoração dos recursos florestais.

Segundo Wong (2000), as características da população-alvo têm uma relação com as decisões e o desenho amostral em cada nível do inventário. A densidade e a distribuição espacial da espécie estão relacionadas ao desenho e ao tipo de amostragem. A forma de vida (árvores, ervas, fungos...) e o tamanho da população são considerados na decisão do tamanho e da forma da parcela e o produto extraído (fruto, resina...) determina o modo de avaliação da produção.

3.4.2 - Avaliação da Produção

A avaliação quantitativa da produção é uma etapa consecutiva e dependente do inventário florestal. Com o inventário florestal, obtém-se a composição florística da área e, logo, a abundância e a densidade da espécie-alvo. A partir do número de indivíduos observados, quantifica-se a produção de frutos por unidade de área. Wong (2000) define a avaliação da produção como o ato de quantificar a produção que pode ser obtida de uma área de floresta.

Uma das principais dificuldades impostas à avaliação representativa dos PFNM em uma área é a dificuldade de quantificar a produção de todos os indivíduos. Dessa forma, torna-se imperativo usar métodos de amostragem que forneçam uma estimativa confiável da produtividade. Entretanto, em razão da variedade de PFNM, incluindo animais, há pouca padronização nas metodologias para quantificação desses produtos (WONG, 2000). A mesma autora afirma que a escolha da técnica de mensuração é determinada pelo tipo de produto, pelas características da população, pela praticidade e pelos objetivos do estudo. Apesar de existirem muitas técnicas qualitativas e semi-quantitativas para medir a produção de PFNM, há poucas técnicas de amostragem (WONG, 2000). A mesma autora

indica o uso de sub-amostras para mensurar detalhadamente a produção em um menor número de indivíduos. Dessa forma, a dupla amostragem ou amostragem em dois estágios é a metodologia mais usada para avaliar a produção de PFNM (WONG, 2000; BIH, 2006). Silva et al. (2000) também afirmam que geralmente, planejar uma amostragem de frutos envolve uma amostragem em múltiplos estágios. A dupla amostragem é um tipo de amostragem em múltiplos estágios, que permite a estimativa da variável principal (número de frutos) nas unidades secundárias (as árvores), a partir das unidades primárias (as parcelas).

A amostragem, de acordo com Wong (2000), precisa ser supervisionada para garantir que sejam amostrados indivíduos suficientes em classes de diâmetro raras (geralmente, as maiores), com o objetivo de permitir inferências estatísticas adequadas. Um exemplo é o fato das árvores com diâmetro maior tornarem-se raras na população, mas essas classes podem contribuir desproporcionalmente com a produção de frutos, tornando as análises incompletas e tendenciosas (WONG, 2000). A partir das estimativas de produção por classe diamétrica (ou por indivíduos) e dos dados do inventário principal, é possível estimar a produção por unidade de área com a densidade da espécie.

No Estado de Goiás, Santana & Naves (2003) estudaram um total de 1.173 pequizeiros e concluíram que a produção de frutos por planta é proporcional à altura e ao diâmetro da copa. No mesmo estudo, foi encontrado que o número de pequizeiros com frutos é maior do que os sem frutos, a partir de 10 cm de diâmetro (medido a 10 cm do solo) e essa relação é maior quanto maior o diâmetro.

Na Tanzânia, Schwartz et al. (2002), estudando árvores de *Pterocarpus angolensis*, encontraram uma correlação positiva ($R^2 = 0,59$) entre o diâmetro e a produção de sementes. A equação encontrada foi mais eficiente para as árvores menores devido à menor variabilidade na produção em comparação com as maiores árvores. Lamien et al. (2007) avaliaram 191 árvores de *Vitellaria paradoxa* (karité, espécie nativa da Savana africana) e encontraram uma correlação positiva entre o diâmetro e a área da copa com o número de frutos por árvore. Segundo Winter (1988), a capacidade produtiva de uma árvore está relacionada linearmente à área superficial da copa e não ao seu volume.

O monitoramento da produção ao longo dos anos é necessário para gerar modelos de prognose confiáveis, que levem em conta a variabilidade na frutificação das espécies. Lamien et al. (2007) ressaltam que esses modelos já existem para espécies comerciais valiosas, como a maçã. Dentre os modelos de predição da produção de frutos baseados em variáveis climáticas, dendrométricas ou fenológicas, são citados por Lamien et al. (2007): amostragem aleatória de ramos (JESSEN, 1955); contagem por *frame* (TIBSHRAENY et al., 1997, citado por Lamien et al., 2007) e o modelo de previsão para maçã, conhecido como “Bavendorf” (WINTER, 1988).

A estimativa da produção de frutos a partir de modelos de regressão, baseados em variáveis dendrométricas, como sugerido por Wong (2000), requer o acompanhamento de vários períodos de frutificação e são restritos às populações estudadas. Além disso, segundo Gregoire & Valentine (1996), os métodos de amostragem geram estimativas mais acuradas sobre a variável de interesse quando comparadas às estimativas com base em modelos de regressão. Um desses métodos de amostragem é a amostragem aleatória de ramos (*randomized branch sampling* – RBS), usado para quantificar características como frutos, folhas e casca das árvores (JESSEN, 1955; GREGOIRE et al., 1995; WONG, 2000).

3.4.3 - Métodos de Quantificação da Produção de Frutos

Em geral, a quantificação dos frutos de uma árvore, quando se trata de estudos relacionados aos PFNM, especialmente de espécies nativas, é feito de modo subjetivo sem obedecer aos princípios estatísticos. Segundo Wong (2000), os modelos mais desenvolvidos para predição da produção são encontrados no campo da Engenharia Agrônômica, cuja precisão é essencial para o planejamento da colheita. Como exemplos, podem ser citados os estudos sobre modelos de produção (WINTER, 1988) e amostragem da quantidade e tamanho de frutos de maçã (SILVA et al., 2000) e laranja (TRIBONI & BARBOSA, 2004; PRADO et al., 2007). Essas técnicas têm potencial para auxiliarem na formulação de metodologias específicas para a avaliação biométrica estatisticamente rigorosa dos PFNM.

A metodologia usada por Prado et al. (2007) para quantificar o número de flores e frutos nas laranjeiras foi a contagem dos frutos em três posições da copa: na face oeste (poente), na face leste (nascente) e na altura média da copa. Em cada um dos lados da copa foi limitada uma área de amostragem de 1 m² (1 x 1 m), na qual foram contados todos os frutos, totalizando uma área amostrada de 2 m² por planta.

A coleta de dados da produção de frutos de laranjeira obtida por partes da copa foi avaliada também por Araújo et al. (1999). Nesse trabalho, os autores encontraram maior porcentagem de frutos no terço basal do quadrante sudoeste e detectaram diferenças significativas entre a produção de frutos em diferentes alturas ao longo da copa de uma árvore e a produção de frutos entre os diferentes quadrantes.

Santana & Naves (2003) estimaram visualmente o número de frutos por árvore de pequi (*Caryocar brasiliense*) com auxílio de uma tabela de distribuição de frequências com intervalos de classes (0; 1 - 100; 101 - 200; 201 - 300; ... ; > 1.000 frutos). Esse método é, obviamente, subjetivo e está sujeito a erros e imprecisão da estimativa, além de não permitir o conhecimento da magnitude do erro amostral.

Uma metodologia semelhante foi usada por Fournier (1974) para quantificar características fenológicas, sendo que as árvores foram avaliadas por meio de uma escala de valores que correspondia à porcentagem de presença da característica analisada, ou seja: valor 0 = ausência da característica; valor 1 = 1-25 % de presença da característica e, assim por diante.

A floração e a frutificação de *Caryocar brasiliense* foram avaliadas por Leite et al. (2006) em Montes Claros em três locais diferentes (campus da UFMG, pastagem e Cerrado *sensu stricto* antropizado). A contagem das flores e dos frutos foi feita em 25 árvores através da contagem de cachos em quatro partes da copa (norte, sul, leste, oeste) e também por estrato da copa (apical, mediana e basal). O total de flores e frutos foi obtido pela multiplicação do número total de cachos da árvore pelo número de flores/frutos do cacho. Através dessa divisão da copa, Leite et al. (2006) encontraram maior produção de frutos/cacho na face oeste e na parte basal das árvores da pastagem, atribuída à maior influência de vento nas faces leste e norte no local.

A contagem dos frutos maduros no chão sob a árvore foi a metodologia usada por Lamien et al. (2007) para calcular o número de frutos de karité (*Vitellaria paradoxa*) em Burkina Faso, África. Os autores também avaliaram a frutificação em diferentes partes da copa, sendo verificado que a produção de frutos na porção nordeste da copa foi menor que nas porções sudoeste e sudeste, bem como na parte basal. Para os autores, a menor produção em uma das faces da copa é atribuída aos fortes ventos que afastam os polinizadores e, também, ao sombreamento quando se trata da parte basal da copa.

Para frutíferas cultivadas, modelos de predição são testados para avaliar a produção e planejar a colheita e a comercialização. Triboni & Barbosa (2004) ajustaram modelos de regressão linear para o número total de frutos da árvore em função do número de frutos no ramo, obtendo-se coeficientes de determinação variando de 0,79 a 0,94. Em cada árvore, foi tomado ao acaso um ramo terminal de tamanho fixo (5 cm de diâmetro). Os autores apenas conseguiram equações adequadas para estimar a produtividade quando estratificaram as laranjeiras por cultivar e faixa de idade.

Além disso, Triboni & Barbosa (2004) constataram que há grande variabilidade no número de frutos por ramo, sendo necessária uma classificação da amostragem do ramo através de grupos (0 - 3, 3 - 6, 6 - 9 frutos/ramo). Assim, foram encontrados os valores médios de frutos por ramo e por árvore para cada uma dessas categorias, de forma a estabelecer categorias de produtividade.

Estudos de fenologia utilizam diversas metodologias para quantificar produção de folhas, frutos e flores. Dentre as metodologias estudadas para efetuar o censo do número de frutos em uma árvore, Zhang & Wang (1995) avaliaram a precisão e as vantagens de três métodos: armadilha de plástico a 40 cm do solo, observação visual e monitoramento do número de frutos em intervalos regulares, retirando-se aqueles já contabilizados. Os métodos usados nos estudos de fenologia são bastante diversificados, sendo em sua maioria onerosos e trabalhosos, exigindo muito tempo para coleta dos dados.

A partir de um levantamento dos últimos 30 anos sobre metodologias usadas em estudos fenológicos, D'Eça-Neves & Morellato (2004) concluíram que é preciso padronizar as metodologias a fim de tornar os estudos comparáveis. Desse modo, observou-se que a

demanda por métodos de amostragem e avaliação quantitativa é crescente em estudos fenológicos.

No caso dos PFM, os objetivos do desenvolvimento de métodos de amostragem para avaliar a produção são: reduzir o tempo de coleta de dados, reduzir os custos de amostragem e reduzir o esforço amostral, além de gerar estimativas confiáveis e representativas. Neste caso, é preciso conhecer a variância e o erro associado à estimativa, o que está relacionado à técnica de coleta de dados. Para atingir esse objetivo, os princípios estatísticos da amostragem têm de ser respeitados (WONG, 2000).

3.5 - AMOSTRAGEM ALEATÓRIA DE RAMOS

Dentre as técnicas de amostragem para frutos, a amostragem aleatória de ramos, que foi introduzida por Jessen (1955), se destaca pela relativa simplicidade de aplicação. Segundo Gregoire et al. (1995), a amostragem aleatória de ramos é um método eficiente para estimar o total de frutos, a área foliar, a área de superfície do tronco e o comprimento médio do tronco principal até o broto, e até mesmo população de insetos em árvores (EVANS, 2005; EVANS & GREGOIRE, 2007). Entretanto, Gregoire & Valentine (2007) alertam que, dependendo do objetivo do estudo, a aplicação da amostragem aleatória de ramos exige a derrubada ou a escalada da árvore. Em algumas espécies, o acesso aos ramos para medição pode ser complicado e pode, inclusive, danificar a árvore (PEARCE & HOLLAND, 1957).

A amostragem aleatória de ramos utiliza a ramificação natural dentro da copa para configurar a amostra e seu uso requer a definição de ramos, nós, segmentos de ramos e caminhos (CANCINO, 2005) (Figura 3.3). Os ramos são o sistema inteiro que se desenvolve de um único broto ou gemas laterais ou terminais, formado as sub-populações dentro da árvore. O nó é o ponto onde um ramo se divide em dois ou mais ramos; os segmentos são uma parte de um ramo entre dois nós consecutivos; e caminho é uma série de segmentos consecutivos entre um segmento terminal e o segmento basal (CANCINO, 2005; CENCINO & SABOROWSKI, 2005; CENCINO & SABOROWSKI, 2007).

Segundo Gregoire & Valentine (2007), o número de caminhos possíveis em uma árvore é igual ao número de brotos terminais quando o caminho se estende do fuste principal até o broto terminal. O caminho da amostragem aleatória de ramos pode terminar em qualquer ramificação para permitir a amostragem de ramos inteiros (Figura 3.3b) e mais de um caminho pode ser selecionado em uma árvore, inclusive coincidindo com caminhos anteriores parcial ou totalmente (EVANS & GREGOIRE, 2007). Williams (1989), por exemplo, estabeleceu que a seleção de segmentos ao longo do caminho terminaria quando um segmento de 5 cm ou menos era encontrado.

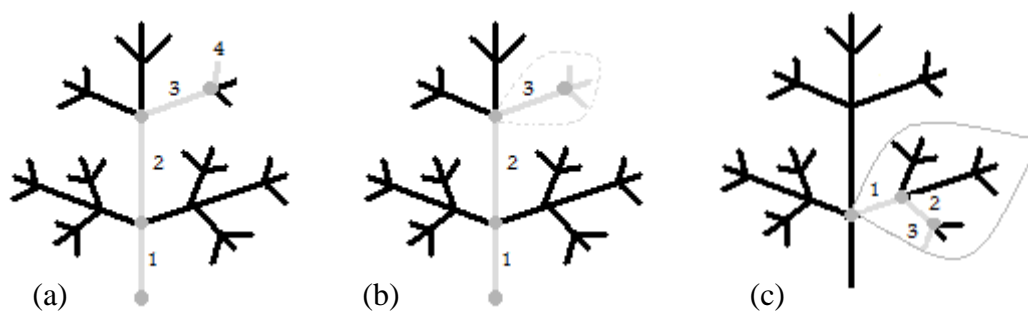


Figura 3.3 - Esquema demonstrativo da terminologia do método de amostragem aleatória de ramos. A árvore (a) apresenta 40 segmentos e 27 possíveis caminhos da base do fuste (no primeiro nó) até um broto terminal. Os quatro segmentos de um caminho possível são mostrados em (a), com marcação dos nós e segmentos. A amostragem aleatória de ramos pode cessar em qualquer nó, onde o ramo selecionado (ramo 3 circulado) é tratado como o segmento terminal do caminho, como mostrado em (b). A amostragem pode também iniciar em qualquer nó da árvore (c), sendo que as estimativas encontradas são válidas apenas para o ramo de início da amostragem (ramos circulado, contendo os segmentos 1, 2 e 3), não para a árvore inteira. Fonte: Adaptado de Gregoire & Valentine, 2007.

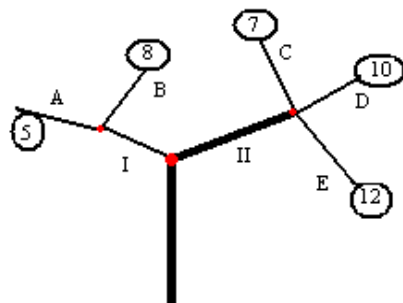
Segundo Cancino (2005), a amostragem aleatória de ramos pode ser aplicada com seleção de ramos com reposição em todos os nós (amostragem de ramos tradicional) ou sem reposição no primeiro ou no segundo nó. As variações do método foram propostas pelo fato de que, para uma amostragem aleatória simples, há maior eficiência quando não há reposição no sorteio das unidades amostrais (COCHRAN, 1977).

Na prática, a amostragem aleatória de ramos com reposição não apresenta nenhuma limitação (CANCINO, 2005). Pode ser aplicada para qualquer tamanho de amostra em árvores inteiras ou parte delas, considerando ou não os segmentos do fuste principal como unidades elegíveis. Porém, pelo menos dois caminhos devem ser sorteados para estimar a variância do estimador (CANCINO, 2005). Além disso, no método com reposição, a

fórmula para estimar a variância é simples, permitindo a determinação do tamanho da amostra (número de caminhos) exigida para atingir um erro estabelecido.

A amostragem aleatória de ramos foi testada pela primeira vez por Jessen (1955) em uma única laranjeira de 25 anos, de modo que todos os frutos foram contados e o número total real foi comparado com os valores obtidos no processo de amostragem. O objetivo foi investigar qual seria a melhor técnica para determinar as probabilidades de escolha de um ramo em um determinado nó ou bifurcação para estimar a produção de frutos de árvores individuais (Figura 3.4). As três possibilidades avaliadas para a escolha de um ramo, considerando a árvore como uma população a ser amostrada, foram:

- a) atribuir probabilidades iguais para cada ramo (PI);
- b) atribuir probabilidades proporcionais ao número de ramos de um nó (PU), também conhecida como probabilidade uniforme (GREGOIRE & VALENTINE, 2007);
- c) atribuir probabilidades proporcionais à circunferência do ramo (PPC).



- 1º) **PI:** $P(IA)=P(IB)=P(IIC)=P(IID)=P(IIE)=1/5$
- 2º) **PU:** $P(IA)=P(IB)=1/2 \times 1/2 = 1/4$;
 $P(IIC)=P(IID)=P(IIE)=1/2 \times 1/3 = 1/6$
- 3º) **PPC:** $P(I)=0,2$; $P(II)=0,8$

Ramo	I	II	Total
C	10 cm	20 cm	30 cm
C ²	100	400	500
Probabilidade	0,2	0,8	1,0

Figura 3.4 - Esquema das possíveis atribuições de probabilidades avaliadas por Jessen (1955) para uso na amostragem aleatória de ramos. Os números (5, 8, 7, 10 e 12) representam o número de frutos em seus respectivos ramos (IA, IB, IIC, IID, IIE). As probabilidades representam a chance de escolher determinado ramo para estimar a produção de frutos da árvore, onde: $P(IA)$ é a probabilidade incondicional de escolher o ramo I seguido do ramo A. As probabilidades em cada nó (1/2 ou 1/3) são as probabilidades condicionais de seleção dos ramos. Fonte: Adaptado de Jessen (1955).

Na Figura 3.4, nota-se ainda que a probabilidade de escolha de um ramo terminal, no final do caminho, é condicionada às probabilidades dos ramos anteriores. Jessen (1955), a partir

das probabilidades, estimou o número de frutos da árvore e a sua variância, a fim de comparar sua eficiência com a contagem total dos frutos, conforme demonstrado nas equações a seguir:

$$Y = \frac{x}{P_i} \quad (3.1)$$

onde:

Y = estimativa do número de frutos por árvore;

x = número de frutos no ramo amostrado;

P_i = probabilidade incondicional de seleção do i -ésimo ramo amostrado.

$$V(\hat{Y}) = \sum_{i=1}^N P_i (Y_i - X)^2 \quad (3.2)$$

onde:

$V(\hat{Y})$ = variância da estimativa do número de frutos da árvore;

N = número de ramos amostrados;

Y_i = estimativa do i -ésimo ramo amostrado;

P_i = probabilidade incondicional de escolher o i -ésimo ramo;

X = número real de frutos contados na árvore.

Jessen (1955) concluiu que a técnica de probabilidades de escolha dos ramos proporcionais à circunferência do ramo ao quadrado forneceu a melhor estimativa do número total de frutos. Nessa técnica, a probabilidade de seleção de um ramo maior é superior àquela de selecionar um ramo menor. Entretanto, essa técnica requer a medição da circunferência do ramo, o que pode ser de difícil aplicação na prática dependendo do tamanho da árvore e do número de árvores a serem quantificadas.

A técnica de probabilidades iguais é a mais difícil e onerosa, pois depende da identificação prévia de todos os ramos da árvore (JESSEN, 1955). Já a técnica de probabilidades uniformes (PU) foi aquela que produziu a pior estimativa, embora seja simples e rápida (JESSEN, 1955). O mesmo autor ressalta que todas essas três possibilidades de

metodologia são válidas para estimar o número de frutos de árvores individuais, pois produzem estimativas confiáveis e não tendenciosas estatisticamente.

A seleção dos segmentos de ramos, na técnica testada por Jessen (1955), foi realizada com probabilidade proporcional ao tamanho da variável auxiliar, que no caso foi a circunferência do ramo. Segundo Gove et al. (2002), a probabilidade de escolha do ramo proporcional ao seu diâmetro na base (próximo ao nó) justifica-se pelo fato de que maiores ramos suportam mais ramos subseqüentes e, portanto, uma maior sub-população de ramos e de frutos. A eleição da variável auxiliar deve ser guiada pelo objetivo do estudo, sendo exemplos de variável auxiliar a área seccional na base do ramo e o produto entre o diâmetro e o comprimento do segmento (CANCINO, 2005).

Para Cancino (2005), a variável auxiliar deve ser facilmente medida e ser estreitamente relacionada à variável de interesse, com o objetivo de obter a maior precisão possível. Se há proporcionalidade exata entre a variável auxiliar escolhida e a variável de interesse (número de frutos, peso fresco de folhas, biomassa...), a variância da estimativa é igual a zero e o processo de amostragem é ótimo (COCHRAN, 1977; CANCINO & SABOROWSKI, 2007).

Segundo Cancino (2005), a seleção do ramo com probabilidade proporcional ao tamanho da variável auxiliar está estreitamente relacionada com a precisão do estimador. Para Cancino & Saborowski (2007), a medição da variável auxiliar deve ser fácil e econômica e, além disso, ser altamente correlacionada com a variável de interesse, seja ela número de frutos, folhas ou biomassa.

Ao utilizar a amostragem aleatória de ramos para estimar a biomassa verde (foliar e lenhosa) de *Quercus* sp. (carvalho), Valentine et al. (1984) definiram como variável auxiliar o produto entre o diâmetro ao quadrado e o comprimento do segmento, compondo assim uma aproximação do volume, assim como Williams (1989) ao estimar biomassa de *Pinus taeda*. No trabalho de Valentine et al. (1994), foi usado o diâmetro ao quadrado do ramo como a variável auxiliar para estimar matéria seca da árvore. Ao usar a amostragem aleatória de ramos, Cancino & Saborowski (2007) testaram diferentes expoentes para o cálculo da variável auxiliar (D^{expoente}), sendo indicado para *Pinus* o diâmetro do ramo ao quadrado.

É destacado ainda por Cancino & Saborowski (2007) que a definição da variável auxiliar também afeta a distribuição das amostras dentro da copa, pois o cálculo da probabilidade de seleção do ramo é feito com base nessa variável. A estimativa feita pela amostragem aleatória de ramos para uma característica de uma árvore depende, segundo Cancino & Saborowski (2007), das probabilidades condicionais e incondicionais de seleção dos segmentos ao longo do caminho. Desse modo, a variabilidade no comprimento ou tamanho do caminho (número de segmentos), que é uma característica da copa, tem influência relevante sobre a variância da estimativa.

Para uma árvore com copa regular, cujos caminhos possíveis tenham igual tamanho (ou seja, apresentam número de segmentos iguais em todos os caminhos), a amostragem aleatória de ramos proporciona uma estimativa com menor variância (CANCINO & SABOROWSKI, 2007). Em oposição, copas irregulares possuem caminhos com diferentes tamanhos, que podem acarretar maior variância da estimativa em função da grande diferença entre as probabilidades incondicionais de seleção dos ramos entre os caminhos (CANCINO & SABOROWSKI, 2007).

É preciso ressaltar que os caminhos maiores (com maior número de segmentos) geralmente produzem as maiores estimativas para a variável de interesse, devido à baixa probabilidade incondicional de seleção (ver equação 3.1). Para solucionar esse problema com a amostragem aleatória de ramos, Cancino & Saborowski (2007) propõem a exclusão de segmentos da copa, ocasionando a redução do número de segmentos do caminho e o aumento do valor da probabilidade incondicional de seleção, reduzindo a ocorrência de estimativas muito altas e, conseqüentemente, a variância. Na prática, quando um segmento de ramo é excluído, os segmentos secundários se tornam primários, os terciários se tornam secundários e assim sucessivamente.

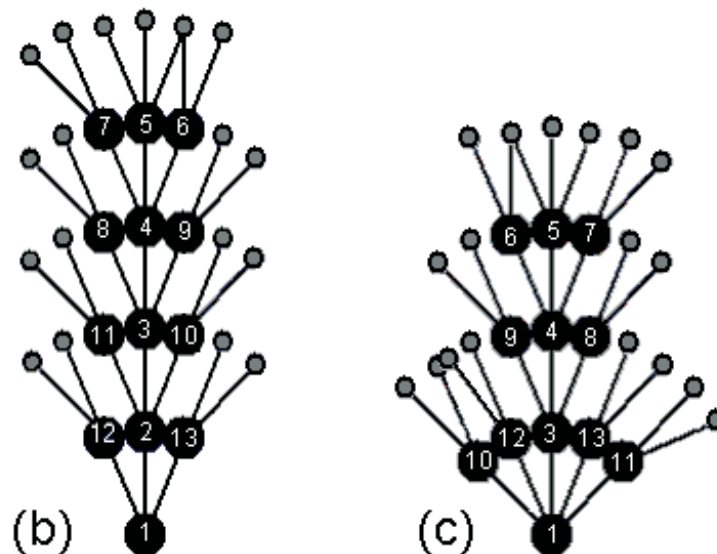


Figura 3.5 - Esquema de ramificação de uma árvore, mostrando a exclusão do segmento de ramo 1-2, que se origina do nó 1. Com a exclusão, o nó 3, que era terciário (3ª ordem), passa a ser secundário. Com a redução do número de segmentos de ramos do caminho (1-3-4-5), há também redução da probabilidade incondicional de seleção, dada pelo produto das probabilidades de seleção em cada nó. Fonte: Adaptado de Cancino & Saborowski (2007).

Aplicada conjuntamente com a exclusão dos segmentos, Cancino & Saborowski (2007) sugerem ainda a estratificação da copa como alternativa para reduzir a variância das estimativas pelo menos para copas longas como a de *Pinus spp.*. Entretanto, os autores comentam que a estratificação da copa e a exclusão de segmentos alteram a estrutura da copa e, conseqüentemente, a probabilidade de seleção dos ramos, sendo importante observar esse efeito sobre a estimativa e sua variância.

Ao aplicar a amostragem aleatória de ramos, associada à amostragem por importância (*importance sampling*), para estimar a biomassa por árvore de *Pinus taeda*, Williams (1989) encontrou erros amostrais variando entre 5,3 e 28,9 %. Ao avaliar a biomassa total, considerando o conjunto de árvores analisadas, verificou-se que o erro entre a biomassa real e a biomassa estimada pela técnica foi igual a 3,3 %, o que pode ser considerado um erro baixo.

Good et al. (2001) estimou a biomassa de sete árvores de *Eucalyptus populnea* utilizando uma intensidade amostral de cinco caminhos e encontrou valores altos para o erro amostral (até 60%). Os autores atribuíram os valores altos dos erros amostrais à grande variabilidade

na quantidade de folhas existente nos ramos selecionados por árvore e, segundo Williams (1989), é recomendável aumentar a intensidade amostral para reduzir o erro da amostragem aleatória de ramos.

É necessário esclarecer que a amostragem aleatória de ramos é uma variação da amostragem de populações finitas (com reposição) com amostragem proporcional ao tamanho e a amostragem por importância (*importance sampling*) é um método análogo de amostragem contínua com amostragem proporcional ao tamanho baseada em uma integração de Monte Carlo (GOOD et al., 2001). Assim, a amostragem aleatória de ramos para estimar biomassa tem se mostrado um método promissor, pois pode ser uma alternativa ao ajuste de equações e à cubagem rigorosa de árvores. Good et al. (2001) ressaltam que, em geral, as estimativas de biomassa (e conteúdo de carbono) são feitas por meio de ajustes de equações de regressão particulares às diferentes regiões geográficas e que a amostragem aleatória de ramos configura-se em uma opção para estimar biomassa.

Com base nos trabalhos existentes (CANCINO, 2005; GOOD et al., 2001; GREGOIRE et al., 1995; GREGOIRE & VALENTINE, 1996; EVANS & GREGOIRE, 2006; JESSEN, 1955; TRIBONI & BARBOSA, 2004; VALENTINE et al., 1984), pode-se considerar a amostragem aleatória de ramos como sendo um método de amostragem eficiente na estimativa de atributos de árvores individuais e para prognoses de uma determinada área (WILLIAMS, 1989), mas seu uso ainda é inexistente em espécies de Cerrado. Um dos poucos exemplos de sua aplicação em espécies de savana é o trabalho de García-Núñez et al (1996), onde foi avaliada a produção de frutos e de sementes de *Byrsonima crassifolia* na Savana Venezuelana pelo método de Jessen (1955).

Um método como a amostragem aleatória de ramos precisa ser avaliado em relação ao objetivo da pesquisa, às características da espécie e ao atributo da árvore em questão (PEARCE & HOLLAND, 1957). Nesse contexto, é preciso testar essas técnicas de amostragem nas espécies nativas de Cerrado, que produzem PFNM de alto valor comercial, de forma a construir protocolos padronizados para inventariar a sua produção. Assim, os Planos de Manejo de PFNM poderiam utilizar dados confiáveis sobre a produção e a dinâmica do ecossistema.

3.6 - ESPÉCIE-ALVO: *Caryocar brasiliense* Camb.

A espécie *Caryocar brasiliense* pertence à família Caryocaraceae (Ordem Malpighiales), que possui dois gêneros nativos: *Anthodiscus* (encontrado na Amazônia e na Mata Atlântica) e *Caryocar* (SOUZA & LORENZI, 2005). Souza & Lorenzi (2005) afirmam que, apesar da maioria das Caryocaraceae serem provenientes da Região Amazônica, uma das espécies mais marcantes da flora brasileira é o pequi (*Caryocar brasiliense*), nativo do Cerrado.

O pequi é uma árvore decídua de até oito metros de altura; com folhas compostas e pubescentes, opostas e cruzadas; inflorescência racemosa terminal, com flores amarelo-claras e bissexuadas, actinomorfas, com estames numerosos; fruto do tipo drupa, arredondado e carnosos, com polpa amarela que envolve o caroço lenhoso e repleto de espinhos (SILVA et al., 2001; LORENZI, 2002; SILVA JÚNIOR, 2005; SOUZA & LORENZI, 2005; PROENÇA et al., 2006). Entretanto, Kerr et al. (2007) relatam a existência de pequi sem espinhos no caroço, indicando a necessidade de mais estudos sobre a planta, encontrada no Estado do Tocantins.

Quanto à fenologia reprodutiva, de acordo com Silva Júnior (2005), o período de floração do pequi ocorre nos meses de junho e janeiro, mas, segundo Oliveira (1998), Lorenzi (2002) e Proença et al. (2006) a floração acontece de setembro a novembro. No Distrito Federal, Gribel & Hay (1993) relatam que a floração do Pequi ocorre durante a segunda metade da estação seca (entre julho e setembro). A época de frutificação também varia de acordo com o autor: outubro a fevereiro (SILVA et al., 2001; SILVA JÚNIOR, 2005), novembro a fevereiro (Lorenzi, 2002) e dezembro a fevereiro (PROENÇA et al., 2006). Essa variação nos períodos de floração e de frutificação pode ser explicada pela ampla distribuição da espécie no bioma, o que acarreta diferenças na fenologia da espécie de região para região. Barradas (1972) ressalta ainda que a frutificação não é regular, ocorrendo anos de grande produção (anos mais secos) e anos de baixa produção.

Em relação à produção de frutos, Baumgarten (1994) trabalhou com uma população de pequi (*Caryocar brasiliense*) em um cerrado *sensu stricto* e encontrou uma razão fruto / flor de 0,082; ou seja, das 1.928 flores marcadas nas árvores, apenas 159 produziram frutos maduros. A área estudada tinha um hectare e apenas 43 indivíduos dos 116 amostrados

emitiram flores. A produção total de flores foi igual a 13.152, o que correspondeu a uma produção de 1.110 frutos por hectare. Já Gribel & Hay (1993) encontraram uma produção de 526 frutos em 74 árvores em dois hectares de Cerrado no Distrito Federal, por meio da contagem na árvore de todos os frutos. No município de Damianópolis (Goiás), a média da produção encontrada para 15 indivíduos foi de 2.195 frutos em 28,8 dias de produção (GULIAS et al., 2008a). Segundo Silva (1998), a produção por árvore varia de 500 a 2.000 frutos por safra, ou seja, durante todos os meses de frutificação e, para Oliveira et al. (2008), a produção por planta de pequi é, em média, baixa e proporcional à altura e diâmetro da copa. Mas os mesmo autores citam a influência de fatores como genótipo e meio físico de desenvolvimento da planta.

Zardo (2008), trabalhando em uma área de cerrado *sensu stricto* na Fazenda Água Limpa, encontrou uma produção média de 24 frutos/ind. e 11 frutos/ind. de pequi, para os anos de 2006 e 2007, respectivamente. É preciso lembrar que esse estudo considerou uma área amostrada de dois hectares em que todos os indivíduos de pequi (de qualquer tamanho) foram medidos. Além disso, o valor encontrado por Santana & Naves (2003) também foi de 25 frutos/ind., mas esses autores a relatam como uma baixa produção quando comparada com outras áreas de Cerrado.

Os autores, Santana & Naves (2003) e Zardo (2008), atribuem esse baixo valor de produção média ao fato de que ao considerar a média de todos os indivíduos de pequi produtivos, são incluídos indivíduos de pequeno porte e baixa produção de frutos. Das 1.173 plantas do estudo de Santana & Naves (2003), 663 (56,5 %) não produziram frutos, 473 (40,3 %) produziram de 1 a 100 frutos, 34 (2,9 %) tiveram entre 101 e 200 frutos, apenas duas (0,17%) tiveram entre 201 e 300 frutos e somente uma planta (0,09 %) produziu acima de 300 frutos.

No âmbito das características dos frutos de pequi, eles apresentam entre uma e quatro sementes (VERA et al., 2005; PROENÇA et al., 2006) e são encontradas de 145 a 200 sementes em um quilograma (LORENZI, 2002; SILVA JÚNIOR, 2005). Segundo Oliveira (1998), *Caryocar brasiliense* apresenta dormência em suas sementes, em função de sua estratégia de dispersão na época chuvosa. A dormência ajusta a germinação ao início da estação chuvosa seguinte, maximizando o período de estabelecimento.

Em relação aos aspectos da ecologia da espécie, sabe-se que a polinização do pequi é realizada por morcegos, embora Melo (2001) tenha relatado a visita de aves às flores de pequi. Melo (2001) conclui, em virtude dessa observação, que *Caryocar brasiliense* tem um importante papel na oferta de recursos (néctar) a alguns exemplares da avifauna diurna durante a estação seca, onde seus recursos principais estão escassos. Além da polinização, a dispersão também é feita por animais, ou seja, zoocórica (OLIVEIRA, 1998; SILVA JÚNIOR, 2005) e barocórica (pela gravidade). Os agentes dispersores de *Caryocar brasiliense* são *Didelphis albiventris* (gambá, Mammalia: Marsupialia) e *Cyanocorax cristatellus* (gralha, Passeriformes: Corvidae) (ALMEIDA et al., 1998).

Quanto à regeneração, Leite et al. (2006) encontraram poucos indivíduos de *Caryocar brasiliense* regenerando, o que foi atribuído à coleta de frutos pelos extrativistas e à ausência de seus agentes dispersores na área de cerrado *sensu stricto* antropizado estudada. Esse estudo é um indicativo da fragilidade da dinâmica dessa espécie frente às alterações no ambiente. Segundo Araújo (1995), em *Caryocar brasiliense*, é comum encontrar indivíduos regenerando sob a planta-mãe, em função de seu fruto ser pesado e cair da árvore quando maduro.

Segundo Melo Júnior et al. (2004), o extrativismo intensivo dos frutos do pequi pode causar perdas de material genético, visto que a maioria dos frutos de qualidade (com genótipos superiores) é coletada. Desse modo, a regeneração por esses propágulos de genótipo superior é inviabilizada. Porém, o estudo de Zardo (2008) indica que a coleta de frutos de pequi pode ser feita sem comprometer a estrutura da população e sua capacidade de regeneração, além de fornecimento de alimento para a fauna, se um percentual de 43 % dos frutos for deixado na área.

Além do uso dos frutos como alimento, na medicina popular, são relatados múltiplos usos, segundo Silva et al. (2001) e Silva Júnior (2005), dentre os quais: propriedade expectorante das sementes e frutos com propriedades fortificantes contra resfriados. Outros usos também são citados, como o uso da polpa para fabricar farinha e licor, o uso do óleo da polpa para fabricação de sabão, o uso das sementes torradas para fornecer uma castanha comestível e o uso da casca e das folhas para fabricar corantes amarelos.

Segundo Lopes et al. (2003), que estudaram a broca dos frutos do pequi, o extrativismo do pequi é uma atividade econômica importante, gerando renda e emprego. Vera et al. (2005) citam que, na Central de Abastecimento de Goiás (CEASA-GO), o volume de comercialização dos frutos de pequi no ano de 2002 foi de, aproximadamente, 2.800 toneladas, com preço médio de R\$ 460/t. Devido ao aumento da exploração, Araújo (1995) afirma que é preciso observar se a coleta de frutos e sementes não compromete a conservação dessa espécie ecologicamente importante para o Cerrado.

O pequi, *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae), é uma das espécies mais populares do Cerrado, inclusive pelo fato de apresentar ampla distribuição geográfica na área do bioma. Ratter et al. (1996), comparando 98 áreas de cerrado *sensu stricto*, encontraram somente 26 espécies arbóreas (de um total de 534 espécies) em pelo menos 50 % das áreas. Dentre essas 26 espécies está o pequi. Além de estar presente no cerrado *sensu stricto*, é também relatado como uma espécie freqüente no Cerradão (RIBEIRO & WALTER, 1998). Segundo Silva Júnior (2005), a espécie *Caryocar brasiliense* ocorre tanto no campo cerrado, campo sujo, cerrado *sensu stricto* quanto no Cerradão distrófico, nos Estados da Bahia, Ceará, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Piauí, Paraná São Paulo e Tocantins.

A ampla distribuição do pequi no Cerrado contribui para o fato da espécie apresentar potencial para exploração econômica, inclusive porque seus frutos são comercializados para consumo da polpa, das amêndoas ou para extração de óleo (AFONSO, 2008; ALMEIDA et al., 1998; BARREIRA et al., 2002). Além da participação no comércio regional, principalmente Minas Gerais e Goiás, o pequi tem importante papel na alimentação da população, pois é um alimento nutritivo com conteúdo de vitaminas, ácidos graxos monoinsaturados e saturados e proteínas (ALMEIDA et al., 2008; POZO, 1997). Almeida (1998) caracterizou física e quimicamente o pequi, confirmando seu potencial como fonte de nutrientes. Segundo Oliveira et al. (2006), o pequi é rico em proteínas, carotenóides e óleo, que é de boa qualidade pela predominância de ácidos graxos insaturados.

O pequi, portanto, é uma espécie muito utilizada regionalmente na culinária, sendo sua polpa amarela comestível e muito apreciada, além de ser usado em conservas (SILVA et al., 2001; LORENZI, 2002; PROENÇA et al., 2006). Além do uso humano, o fruto

constitui uma importante fonte de alimento para a fauna, confirmando sua alta relevância para conservação do Cerrado e sua diversidade (LORENZI, 2002; SILVA JÚNIOR, 2005).

4 - METODOLOGIA

4.1 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi realizado na Reserva Ecológica e Experimental da Universidade de Brasília, Fazenda Água Limpa (FAL), situada no Distrito Federal, a uma altitude de 1.100 metros, entre as coordenadas 15°56´ e 15°59´ Sul e 47°55´ e 47°58´ Oeste. Para atender aos objetivos deste estudo foi selecionada uma área de 26,5 ha de cerrado *sensu stricto*, que foi delimitada como o universo amostral.

Essa área encontra-se entre as coordenadas geográficas 15°57´39,5´´ e 15°57´57,0´´ Sul e 47°54´48,2´´ e 47°55´21,2´´ Oeste (Datum SAD 69) (Figura 4.1). Pela análise da imagem de satélite QUICKBIRD (2004) e das observações em campo, a vegetação é estruturalmente homogênea, embora exista o registro de dois incêndios que atingiram a área, em 1989 e 1994.

O clima da região da Fazenda Água Limpa é caracterizado pela existência de duas estações do ano bem definidas, caracterizando o tipo de clima Aw, ou tropical chuvoso, com verão quente (outubro a março) e inverno seco (abril a setembro) (NIMER, 1989; RIBEIRO & WALTER, 1998).

O solo que ocorre na maioria das áreas de interflúvio da Fazenda Água Limpa é o latossolo vermelho-amarelo, segundo Haridasan (1990), sendo sua ocorrência associada à fitofisionomia de cerrado *sensu stricto*. Entretanto, na Fazenda Água Limpa também são encontrados gleissolos associados à mata de galeria e cambissolos nas áreas de relevo mais acidentados com presença de campos sujos.

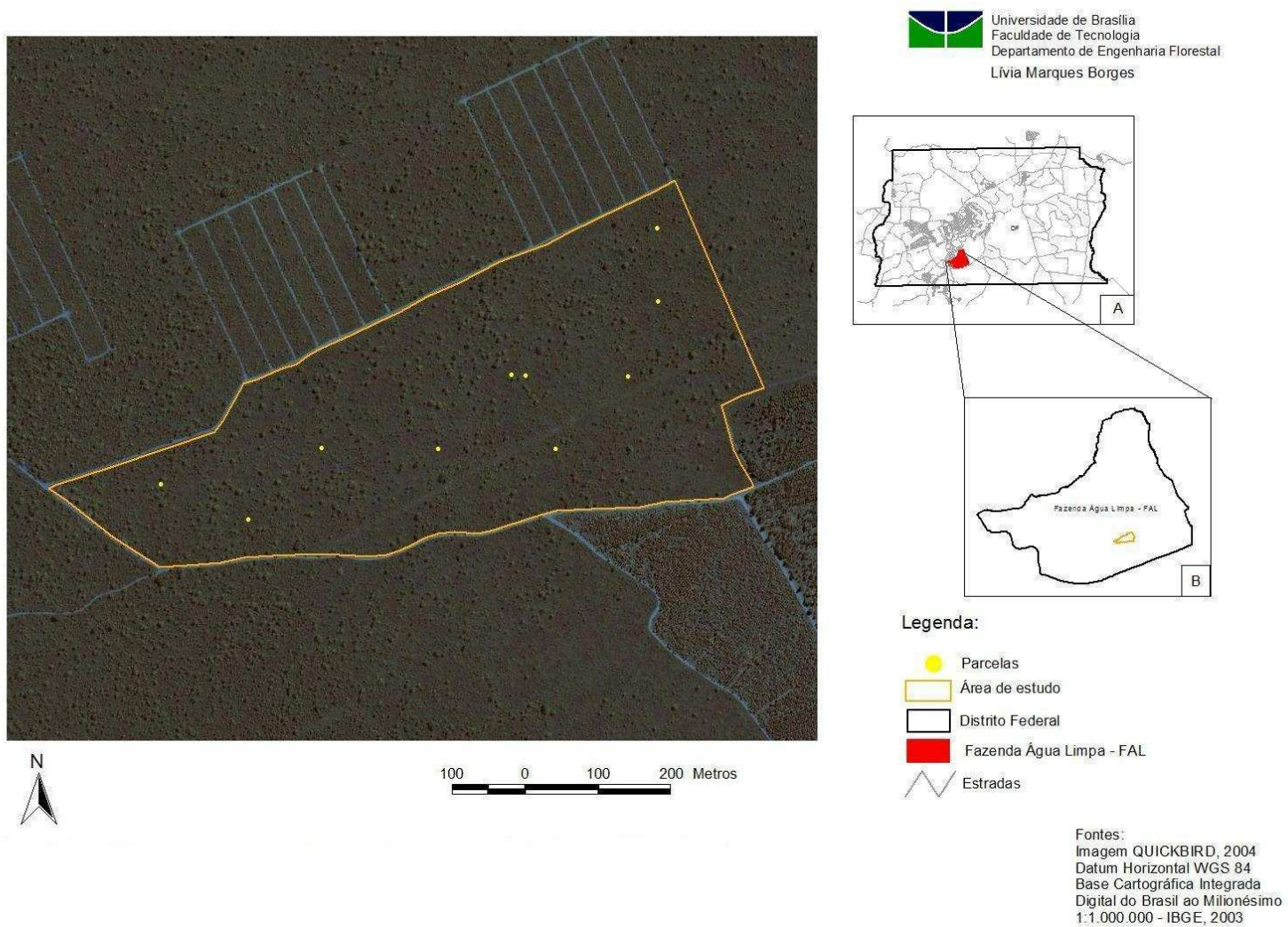


Figura 4.1 - Localização da área de estudo. A) localização da Fazenda Água Limpa no Distrito Federal; B) localização da área de estudo na Fazenda Água Limpa.

4.2 - BASE DE DADOS

4.2.1 - Inventário Florestal

Em março de 2008, a área de estudo foi inventariada a partir do processo de amostragem aleatória simples (PÉLLICO NETTO & BRENA, 1997), utilizando parcelas permanentes, de área fixa, de 20 x 50 m, distribuídas aleatoriamente na área (Figura 4.2). O sistema de amostragem adotado neste estudo, a forma e o tamanho das parcelas seguem o protocolo mínimo sugerido pela Rede de Parcelas Permanentes do Cerrado (FELFILI et al., 2005b), pois a área será monitorada periodicamente após esse estudo.

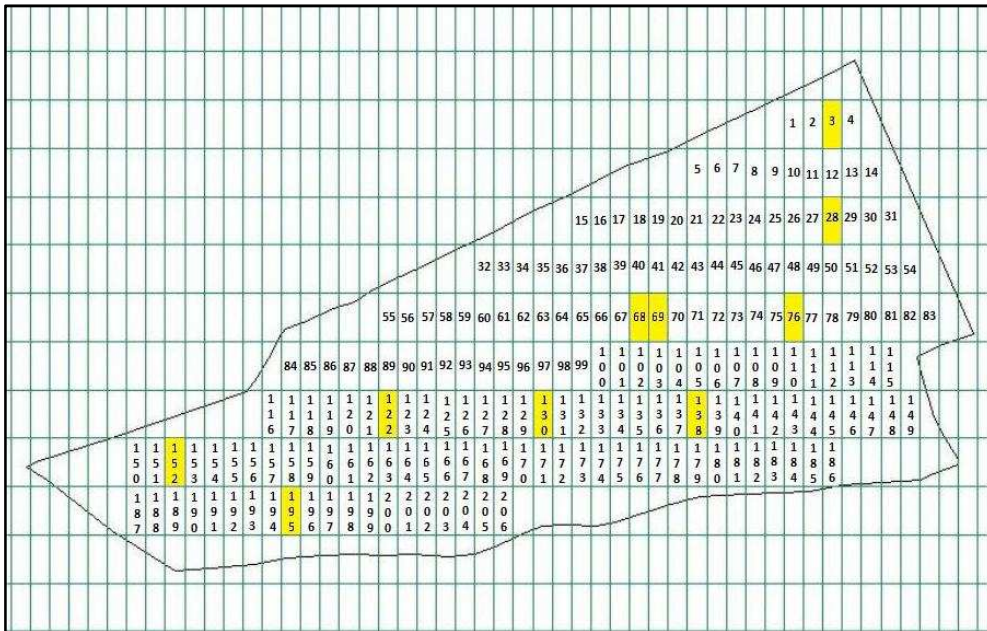


Figura 4.2 - Croqui do universo amostral, dividido em 206 parcelas de dimensões 20 x 50 m orientadas no sentido norte-sul. As parcelas sorteadas que foram amostradas estão indicadas em amarelo.

Inicialmente foram implantadas 10 parcelas permanentes de 20 x 50 m, com o objetivo de avaliar a precisão da amostragem e a representatividade da flora local. Cada parcela foi delimitada com estacas de ferro e georreferenciadas, com o uso de GPS (Tabela 4.1).

Em cada parcela amostrada foram identificados botanicamente todos os indivíduos lenhosos arbóreo-arbustivos com Db (diâmetro da base tomado a 30 centímetros do solo)

igual ou superior a 5 cm, os quais receberam uma etiqueta de alumínio contendo número de identificação. As medidas de diâmetro e de altura foram obtidas, respectivamente, com o auxílio de uma suta e de uma régua hipsométrica. Não foram medidas ou identificadas lianas, palmeiras e espécies do gênero *Vellozia*.

Tabela 4.1 - Coordenadas geográficas das parcelas amostradas (Datum SAD 69). Os números entre parênteses (3, 28, 68, 69, 76, 122, 130, 138, 152 e 195) representam as parcelas sorteadas dentro do universo amostral de 206 parcelas.

Parcela	Coordenadas Geográficas em graus - Datum SAD 69
1 (nº 3)	S 15° 57' 41.9" W 47° 54' 52.5"
2 (nº 28)	S 15° 57' 45.1" W 47° 54' 52.5"
3 (nº 68)	S 15° 57' 48.3" W 47° 54' 59.3"
4 (nº 69)	S 15° 57' 48.3" W 47° 54' 58.6"
5 (nº 76)	S 15° 57' 48.4" W 47° 54' 53.9"
6 (nº 122)	S 15° 57' 51.4" W 47° 55' 08.1"
7 (nº 130)	S 15° 57' 51.5" W 47° 55' 02.7"
8 (nº 138)	S 15° 57' 51.6" W 47° 54' 57.3"
9 (nº 152)	S 15° 57' 53.0" W 47° 55' 15.5"
10 (nº 195)	S 15° 57' 54.6" W 47° 55' 11.5"

O diâmetro foi medido em duas direções perpendiculares, pois a maioria dos troncos apresentava secção elíptica. Em caso de árvores com mais de um fuste, partindo de uma altura inferior a 30 cm do solo, foi realizada a medição do diâmetro da base - D_b e da altura total de cada fuste, sendo a área basal do indivíduo dada pela soma das áreas basais de seus fustes. Já a densidade de indivíduos por hectare foi estimada considerando que os fustes perfilhados formam um indivíduo. Entretanto, cada fuste recebeu uma etiqueta contendo um número de identificação e a área basal total para cada espécie foi obtida a partir da soma das áreas basais de todos os fustes identificados.

Todo material botânico coletado em campo foi identificado até o nível de espécie, segundo a classificação botânica do sistema APG II (*Angiosperm Phylogeny Group*).

4.2.2 - Seleção de árvores de *Caryocar brasiliense* para avaliar a produção de frutos

Todos os indivíduos de *Caryocar brasiliense* amostrados na área de estudo, na etapa do inventário florestal, foram distribuídos em classes de diâmetro, considerando um intervalo de classe de 4 cm. Para avaliar a produção de frutos de pequi, foi selecionada, aleatoriamente, uma árvore dentro de cada classe de diâmetro. O intervalo de classe igual a 4 cm foi escolhido, pois intervalos menores não proporcionaram diferenças representativas nas variáveis dendrométricas das árvores, principalmente no diâmetro da copa.

A constatação da frutificação ou não das árvores sorteadas foi feita no campo, em novembro de 2008. As árvores sorteadas que não apresentavam frutos foram descartadas e o sorteio era repetido, dentro da mesma classe de diâmetro, até que uma árvore daquela classe de diâmetro apresentasse frutos. Esse procedimento foi realizado em função do objetivo do trabalho que foi testar uma metodologia de amostragem da produção de frutos de árvores de *C. brasiliense*.

4.2.3 - Censo da produção de frutos por quadrante geográfico e estrato da copa

As árvores selecionadas tiveram sua produção de frutos quantificada por meio da contagem total dos frutos na copa em três estratos (basal, mediano e apical) e nos quadrantes geográficos (nordeste, sudeste, noroeste e sudoeste). A avaliação da produção de frutos por estrato e por quadrante da copa foi realizada com o objetivo de obter informações adicionais sobre o comportamento da frutificação e da distribuição dos frutos na copa do pequi.

A contagem foi feita com auxílio de escada e escalada na árvore pelo mensurador, sem danificar ou retirar os frutos da árvore. A coleta foi realizada no mês de novembro, no início da frutificação dos indivíduos de *Caryocar brasiliense*.

O diâmetro e a altura da copa das árvores selecionadas foram medidos. Foram feitas duas medições perpendiculares de diâmetro da copa, sendo uma na direção norte-sul e a outra na direção leste-oeste (Figura 4.3). O diâmetro da copa foi medido com auxílio de uma trena graduada em centímetros e a altura da copa foi tomada com régua hipsométrica.

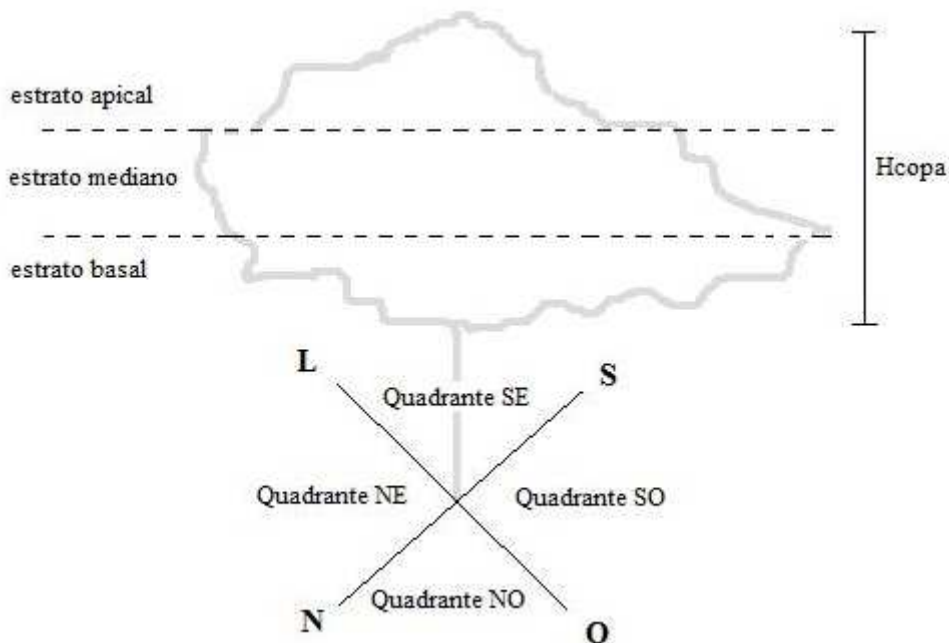


Figura 4.3 - Divisão da copa para orientar a contagem de frutos por quadrante geográfico e estratos. S = sul; L = leste; O = oeste; N = norte; SE = sudeste; NE = nordeste; NO = noroeste; SO = sudoeste; H_{copa} = altura da copa.

A partir dos valores de diâmetro e de altura da copa, foi estimada a superfície da copa, usando fórmula proposta por Winter (1988), que considera a forma da copa como sendo um cilindro. A superfície da copa é estimada pela seguinte fórmula:

$$S_{copa} = \frac{(D_1 + D_2)}{2} \times \pi \times H_{copa} \quad (4.1)$$

onde:

S_{copa} = superfície da copa (m^2);

D_1 = diâmetro da copa no sentido norte-sul;

D_2 = diâmetro da copa no sentido leste-oeste;

π = pi (3,1416)

H_{copa} = altura da copa (m).

4.2.4 - Amostragem aleatória de ramos

A estimativa dos frutos por árvore foi realizada somente em árvores selecionadas, utilizando a amostragem aleatória de ramos (JESSEN, 1955; GREGOIRE & VALENTINE, 1996; GREGOIRE & VALENTINE, 2007). Foram testadas duas técnicas: a) Probabilidade uniforme (todos os ramos em cada nó possuem a mesma probabilidade de seleção) - PU e b) Probabilidade proporcional ao diâmetro do ramo - PPD, como descrito por Jessen (1955), Gregoire & Valentine (2007) e Cancino & Saborowski (2007).

Para cada técnica de amostragem aleatória de ramos foram avaliados: a) variância amostral, b) intensidade amostral - número de caminhos necessários para atingir um erro amostral pré-definido, c) eficiência amostral - comparação da estimativa com o censo do número de frutos, d) tempo gasto na coleta dos dados.

Cada árvore selecionada foi considerada como sendo a população avaliada pela técnica de amostragem aleatória de ramos e os frutos foram os atributos a serem quantificados. O parâmetro-alvo foi a produção de frutos por árvore. Assim, o objetivo foi selecionar, de forma aleatória, um ramo terminal a partir do primeiro nó (bifurcação), com a finalidade de quantificar o atributo de interesse. A amostragem aleatória de ramos considera que os ramos consecutivos selecionados pelo sorteio, em cada nó, formam o caminho percorrido com a finalidade de atingir um broto lateral ou terminal que possua o atributo de interesse.

4.2.4.1 - Seleção do caminho

A seleção do caminho requer a definição de seus principais componentes e do procedimento de percorrer o caminho através do sorteio dos ramos. Segundo Gregoire & Valentine (2007), o primeiro segmento do caminho se estende da base do fuste, definido como o primeiro nó, até o segundo nó. Geralmente, o primeiro nó do caminho dá origem a um só ramo (no caso, o fuste), cuja probabilidade de seleção será então igual a um ($q_1=1$). Se existirem múltiplos ramos (fustes), a cada um é atribuído uma probabilidade de seleção e um deles é selecionado com probabilidade menor do que um ($q_1<1$). No segundo nó, será atribuída a cada ramo uma probabilidade de seleção, escolhendo um deles aleatoriamente. A escolha do segundo ramo, com probabilidade de seleção q_2 , fixa o segundo segmento do

caminho. O segundo segmento é seguido até o terceiro nó onde um ramo é selecionado e, portanto, o terceiro segmento do caminho é escolhido com probabilidade q_3 . Esse procedimento é repetido até que um ramo menor ou um segmento terminal é escolhido no nó final com probabilidade q_{ri} . É importante destacar que a soma das probabilidades de seleção atribuídas aos ramos em cada nó devem ser igual a um.

Para atribuir as probabilidades proporcionais ao diâmetro de cada ramo ao quadrado, foi utilizada a seguinte fórmula, adaptada de Gregoire & Valentine (2007). O diâmetro dos ramos foi tomado próximo ao nó, sendo os ramos de maior diâmetro medidos com suta e aqueles de menor diâmetro com paquímetro:

$$q_{ri} = \frac{d^2 r_i}{\sum_{i=1}^n d^2 r_i} , \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (4.2)$$

onde:

q_{ri} = probabilidade de seleção atribuída ao i -ésimo ramo do r -ésimo nó;

$d^2 r_i$ = diâmetro ao quadrado (d^2) do i -ésimo ramo do r -ésimo nó;

$\sum_{i=1}^n d^2 r_i$ = somatório do quadrado dos diâmetros dos i -ésimos ramos pertencentes ao r -ésimo nó.

Assim, o i -ésimo ramo é selecionado se $u \leq q_{r1}$, onde $u \sim U[0,1]$ e o ramo i ($i = 2, \dots, n$) é selecionado de acordo com a fórmula 4.3 (Adaptada de Gregoire & Valentine, 2007).

$$\sum_{i=1}^{n-1} q_{ri} < u \leq \sum_{i=1}^n q_{ri} \quad (4.3)$$

Ou seja, u é um número aleatório entre 0 e 1 que determinará qual dos ramos em um determinado nó será escolhido. Para seleção dos ramos pela técnica de probabilidades proporcionais ao diâmetro do ramo, foram considerados valores de u com três casas decimais, que foram sorteadas para compor um número entre 0 e 1 (por exemplo, $u = 0,345$). O sorteio das três casas decimais foi realizado com auxílio de 10 cubos de madeira, de dimensões 1x1x1 cm, numerados de 0 a 9 (Figura 4.4).

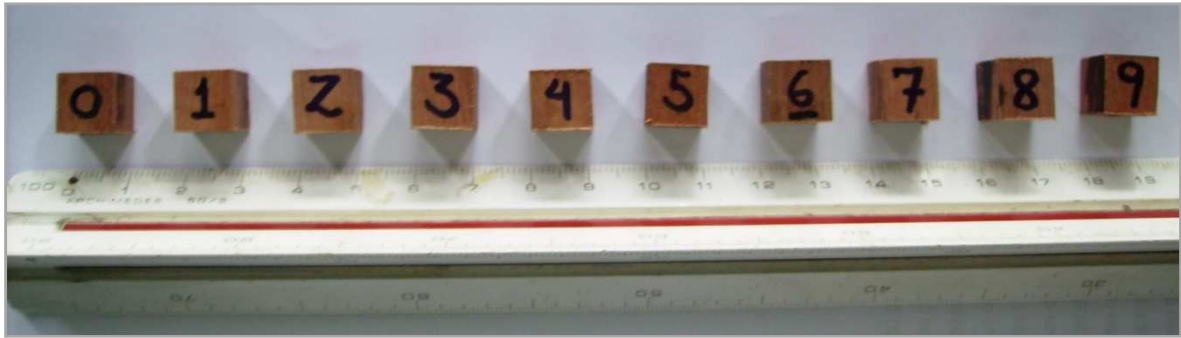


Figura 4.4 - Cubos de madeira, de dimensões 1 x 1 x 1 cm, numerados de 0 a 9 para sorteio das casas decimais e composição do número aleatório - u , que determinou a escolha dos ramos na técnica de probabilidades proporcionais ao diâmetro.

Para atribuir a probabilidade uniforme de seleção dos ramos em cada nó do caminho, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$q_{ri} = \frac{1}{n} \quad (4.4)$$

onde:

q_{ri} = probabilidade de seleção atribuída ao i -ésimo ramo do r -ésimo nó;

n = número de ramos que emergem do r -ésimo nó

Gregoire & Valentine (2007) ressaltam que a probabilidade de seleção atribuída a um ramo (q_i) é, na verdade, a probabilidade de seleção condicionada à seleção anterior. A probabilidade incondicional de seleção de um segmento de ramo (i) do caminho (m) é (Adaptado de Gregoire & Valentine, 2007):

$$Q_{mi} = \prod_{i=1}^S q_{ri} \quad , \text{ onde } i = 1, 2, \dots, S \quad (4.5)$$

onde:

Q_{mi} = probabilidade incondicional de seleção do ramo i de um caminho m ;

q_{ri} = probabilidade de seleção atribuída ao i -ésimo ramo do r -ésimo nó;

$\prod_{i=1}^S q_{ri}$ = produto das probabilidades condicionais de seleção dos ramos percorridos ao longo do caminho;

S = número de segmentos de ramos do caminho m .

4.2.4.2 - Estimativa do número de frutos por árvore

A estimativa do número de frutos por árvore foi obtida considerando a árvore como a população, os frutos como os atributos a serem quantificados nos segmentos de no mínimo dois caminhos e a produção total de frutos (número total de frutos) foi considerada o parâmetro-alvo, segundo a metodologia detalhada em Gregoire & Valentine (2007). Desse modo, foi utilizada a seguinte fórmula para estimar a quantidade total de frutos por árvore (τ_y – parâmetro-alvo), através da soma de todos os segmentos amostrados (Adaptado de Gregoire & Valentine, 2007):

$$\hat{\tau}_{yQm} = \frac{Y_{mi}}{Q_{mi}} \quad (4.6)$$

onde:

$\hat{\tau}_{yQm}$ = estimativa do número de frutos da árvore dada pelo caminho m ;

Y_{mi} = número de frutos no ramo i , do caminho m ;

Q_{mi} = probabilidade incondicional de seleção do ramo i , do caminho m .

Após obter a estimativa do número de frutos dos m caminhos ($m \geq 2$), essas estimativas foram combinadas para estimar uma média o número de frutos por árvore ($\hat{\tau}_{yQ}$), que é dada por:

$$\hat{\tau}_{yQ} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \hat{\tau}_{yQm} \quad (4.7)$$

A probabilidade conjunta de seleção de todos os S segmentos que formam o m -ésimo caminho é representada por Q_{mi} . Gregoire & Valentine (2007) afirmam que, embora o número de segmentos (S) possa variar entre os caminhos, se existirem M caminhos possíveis com segmentos terminais diferentes, tem-se que:

$$\sum_{i=1}^M Q_{mi} = 1 \quad (4.8)$$

Isto significa que a soma das probabilidades incondicionais de seleção de todos os ramos possíveis em uma árvore é igual a um. Desse modo, tem-se que Q_{mi} é a probabilidade de

obter a estimativa (\hat{y}_{Qm}), que é uma das M possíveis estimativas de frutos para a árvore amostrada. Logo, a variância paramétrica da média ($V [\hat{y}_{Q}]$) é:

$$V [\hat{y}_{Q}] = \frac{\left[\sum_{i=1}^M Q_{mi} (\hat{y}_{Qm} - \tau_y)^2 \right]}{M} \quad (4.9)$$

Já a estimativa da variância da média ($v (\hat{y}_{Q})$), com base na amostragem dos ramos é calculada pela seguinte fórmula (adaptada de Gregoire & Valentine, 2007):

$$v (\hat{y}_{Q}) = \frac{\left[\sum_{i=1}^m (\hat{y}_{Qm} - \hat{y}_{Q})^2 \right]}{m(m-1)}, \quad \text{sendo } m > 1 \quad (4.10)$$

Essas estimativas (apresentadas nas equações 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 e 4.10) foram feitas para os dois modos de atribuição da probabilidade de seleção dos ramos, tanto para a probabilidade uniforme quanto para a probabilidade proporcional ao diâmetro do ramo ao quadrado (d^2).

É preciso ressaltar que a variância paramétrica da média (equação 4.9) foi calculada apenas para a árvore de pequi nº 05, para as duas técnicas de atribuição de probabilidade, pois seu cálculo depende do mapeamento de todos os caminhos possíveis que se estendem do primeiro nó até um ramo terminal. Como o mapeamento de todos os caminhos somente foi realizado para a árvore nº 05, os valores paramétricos foram calculados somente nessa árvore, para as duas técnicas de amostragem aleatória de ramos: probabilidade uniforme - PU e probabilidade proporcional ao diâmetro - PPD.

Além disso, o fator de correção para populações finitas não foi utilizado, pois quando a amostra é selecionada com reposição (como foi o caso da amostragem aplicada nas árvores de pequi), existe a possibilidade de uma mesma unidade amostral (caminho) participar da amostra mais de uma vez e a população pode ser considerada infinita (PÉLLICO NETTO & BRENA, 1997). Portanto, para a árvore mapeada (nº 05), foram calculados: a variância paramétrica (S^2y_1 , para PU e S^2y_2 , para PPD), o desvio padrão paramétrico (Sy_1 , para PU e Sy_2 , para PPD), o erro padrão paramétrico ($S_{\bar{y}1}$, para PU e $S_{\bar{y}2}$, para PPD) e o coeficiente de variação paramétrico (CVy_1 e CVy_2). As fórmulas da variância, do desvio padrão, do erro padrão e do coeficiente de variação paramétricos, para ambas técnicas de amostragem

aleatória de ramos (PU e PPD) são dadas a seguir (adaptado de PÉLLICO NETTO & BRENA, 1997):

$$S^2y = V [\hat{\tau}yQ] \times M \quad (4.11)$$

onde:

S^2y = variância paramétrica;

$V [\hat{\tau}yQ]$ = variância paramétrica da média;

M = número total de caminhos da árvore.

$$S_y = \sqrt{S^2y} \quad (4.12)$$

onde:

S_y = desvio padrão paramétrico;

S^2y = variância paramétrica.

$$S_{\bar{y}} = \pm \sqrt{V [\hat{\tau}yQ]} \quad (4.13)$$

onde:

$S_{\bar{y}}$ = erro padrão em função da variância paramétrica;

$V [\hat{\tau}yQ]$ = variância paramétrica da média.

$$CV_y = \frac{S_y}{\tau y} \times 100 \quad (4.14)$$

onde:

CV_y = coeficiente de variação paramétrico;

S_y = desvio padrão paramétrico;

τy = número total de frutos na árvore.

Para todas as cinco árvores de pequi amostradas, foram ainda calculadas as estimativas da variância (s^2y_1 , para PU e s^2y_2 , para PPD), do desvio-padrão (sy_1 , para PU e sy_2 , para PPD), do erro padrão da média ($s_{\bar{y}_1}$ - PU e $s_{\bar{y}_2}$ - PPD), do coeficiente de variação (cv_{y_1} - PU e cv_{y_2} - PPD) e dos erros de amostragem absoluto (Ea_1 - PU e Ea_2 - PPD) e relativo (Er_1 - PU e Er_2 - PPD), segundo fórmulas adaptadas de Péllico Netto & Brena (1997):

$$s^2y = v (\hat{t}yQ) \times m \quad (4.15)$$

onde:

s^2y = estimativa da variância;

$v (\hat{t}yQ)$ = estimativa da variância da média;

m = número de caminhos amostrados (unidades amostrais).

$$sy = \sqrt{s^2y} \quad (4.16)$$

onde:

sy = estimativa do desvio padrão.

$$s_{\bar{y}} = \pm \sqrt{v (\hat{t}yQ)} \quad (4.17)$$

onde:

$s_{\bar{y}}$ = erro padrão da média em função da estimativa da variância.

$$cv_y = \frac{sy}{\hat{t}yQ} \times 100 \quad (4.18)$$

onde:

cv_y = estimativa do coeficiente de variação;

$\hat{t}yQ$ = média do número de frutos.

$$Ea = s_{\bar{y}} \cdot t \quad (4.19)$$

onde:

Ea = erro de amostragem absoluto;

t = valor t, obtido na tabela de Student, para um nível de significância de 5 %.

$$Er(\%) = \left(\frac{s_{\bar{y}} \cdot t}{\hat{\tau}_{yQ}} \right) \times 100 \quad (4.20)$$

onde:

Er (%) = erro amostral relativo.

4.3 - ANÁLISE DE DADOS

4.3.1 - Suficiência amostral

A representatividade amostral da composição florística da área estudada foi avaliada a partir da curva espécie área (MUELLER-DOMBOIS & ELLEMBERG, 2002) e do procedimento regressão linear com resposta em platô (REGRELRP), realizado pelo Sistema para Análises Estatísticas (SAEG v.5.0) da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

A curva espécie-área avalia o aumento do número de novas espécies em função do aumento da área amostrada e indica, quando estabilizada, o esforço amostral ideal para o inventário. O método de resposta em platô vem sendo utilizado em análises florísticas, pois evita inferências tendenciosas feitas pelo método da curva espécie-área e garante maior confiabilidade na decisão sobre a estabilização da curva (NAPPO et al., 2000; SANTANA & SOUTO, 2006; REIS et al., 2007).

Além da suficiência da amostragem avaliada a partir da curva espécie-área, foi considerada também a análise da precisão do inventário em função da densidade de indivíduos por hectare e da área basal registrada em cada unidade amostral. Para efeito deste inventário foi considerada uma precisão requerida de 15 %. Desta forma, se a

precisão de 15% não for atingida no inventário piloto, novas parcelas serão implantadas e inventariadas na área.

Como o inventário da vegetação arbórea foi implantado segundo o processo de amostragem inteiramente casualizado, o erro amostral foi obtido pela seguinte fórmula (HUSCH et al., 1972):

$$E (\%) = \left(\frac{S_{\bar{x}} \cdot t}{\bar{x}} \right) \times 100 \quad (4.21)$$

onde:

E = erro amostral expresso em percentagem;

$S_{\bar{x}}$ = erro padrão da média;

\bar{x} = densidade média por hectare;

t = valor de t tabelado para (n-1) graus de liberdade e 5 % de significância.

A área total amostrada foi de um hectare, caracterizando a população estudada de 26,5 hectares como finita e o valor do fator de correção (F) igual a 0,95 (equação 4.15). O fator de correção é usado no cálculo do erro padrão da média ($S_{\bar{x}}$) e, nesse caso, ele é usado pelo fato de que a amostra-piloto de dez parcelas representa 3,8 % do universo amostral de 206 parcelas.

$$F = 1 - \frac{n}{N} \quad (4.22)$$

onde:

F = fator de correção para populações finitas;

n = número de parcelas amostradas;

N = número de parcelas do universo amostral.

4.3.2 - Composição florística, estrutura fitossociológica e diamétrica da vegetação lenhosa

4.3.2.1 - Composição florística

A partir do levantamento da vegetação foi confeccionada uma lista contendo todas as espécies classificadas ao nível de gênero e família, com base o sistema de classificação APG II (SOUZA & LORENZI, 2005). A diversidade florística da área foi obtida pelo índice de Shannon (MAGURRAN, 1988; KENT & COKER, 1992), que expressa a riqueza florística de uma amostra ou comunidade e assume que todas as espécies estão representadas na amostra, além de incorporar nos cálculos como é a distribuição dos indivíduos entre as espécies. O índice de Shannon (H') é dado por:

$$H' = - \sum (p_i \times \ln p_i) \quad (4.23)$$

onde:

p_i = proporção de indivíduos ou abundância de espécies expressa como uma proporção do número total de espécies, ou seja, $p_i = n_i / N$;

n_i = número de indivíduos da espécie i ;

N = número total de indivíduos;

\ln = logaritmo natural.

O índice de Pielou expressa a abundância relativa das espécies dentro da amostra ou comunidade, sendo que seu valor varia de 0 a 1 (uniformidade máxima) (KENT & COKER, 1992). Quanto mais próximo de 1 for o valor desse índice, mais homogênea é a distribuição dos indivíduos entre as espécies dentro da área, ou seja, maior é a equabilidade (KENT & COKER, 1992). O índice de Pielou (J) é dado por:

$$J = H' / \ln(S) \quad (4.24)$$

onde:

H' = índice de Shannon;

S = número de espécies amostradas na área.

4.3.2.2 - Estrutura fitossociológica

A estrutura da vegetação foi avaliada a partir dos parâmetros fitossociológicos convencionais (KENT & COKER, 1992; MÜELLER-DOMBOIS & ELLEMBERG, 2002):

a) Densidade: expressa a relação do número de indivíduos por unidade de área.

- Densidade absoluta (DA)

$$DA_i = n_i / \text{área (ha)} \quad (4.25)$$

onde:

DA_i = densidade absoluta da espécie i ;

n_i = número de indivíduos da espécie i .

- Densidade relativa (DR)

$$DR_i = (n_i / N) \times 100 \quad (4.26)$$

onde:

DR_i = densidade relativa da espécie i ;

N = número total de indivíduos.

b) Dominância: indica a ocupação dos ambientes pelos indivíduos das espécies a partir de suas áreas basais, estimadas com base no diâmetro da base (Db).

- Dominância Absoluta (DoA)

$$DoA_i = \sum (g_i) / \text{ha} \quad (4.27)$$

onde:

DoA_i = dominância absoluta da espécie i ;

$\sum (g_i)$ = somatório da área seccional (m^2) dos indivíduos da espécie i .

- Dominância Relativa (DoR)

$$DoR_i = (\sum (g_i) / G) \times 100 \quad (4.28)$$

onde:

DoR_i = dominância relativa da espécie i ;

G = somatório da área basal de todas as espécies amostradas (m^2).

c) Frequência: considera o número de unidades amostrais em que uma determinada espécie ocorre, de modo a indicar a dispersão média e a probabilidade de se encontrar a espécie em uma unidade amostral.

- Frequência Absoluta (FA)

$$FA_i = (p_i / P) \times 100 \quad (4.29)$$

onde:

FA_i = frequência absoluta da espécie i ;

p_i = número de unidades amostrais em que a espécie i ocorre;

P = número total de unidades amostrais inventariadas.

- Frequência Relativa (FR)

$$FR_i = (FA_i / FA) \times 100 \quad (4.30)$$

onde:

FR_i = frequência relativa da espécie i ;

FA = somatório da frequência absoluta de todas as espécies.

d) Índice de Valor de Importância (IVI): indica a posição fitossociológica de uma espécie na comunidade e é expresso pelo somatório dos parâmetros de densidade relativa (DR), frequência relativa (FR) e dominância relativa (DoR). Esse somatório indica a importância ecológica da espécie no local, sendo seu valor máximo igual a 300%.

$$IVI_i = DR_i + FR_i + DoR_i \quad (4.31)$$

onde:

IVI_i = Índice de valor de importância da espécie i .

e) Índice de Valor de Cobertura (IVC): também reflete a importância da espécie na comunidade, mas considerando apenas a densidade relativa (DR) e a dominância relativa (DoR).

$$IVC_i = DR_i + DoR_i \quad (4.32)$$

onde:

IVCi = Índice de valor de cobertura da espécie *i*.

4.3.2.3 – Estrutura diamétrica

A estrutura diamétrica da vegetação foi avaliada pela distribuição dos indivíduos amostrados em classes de diâmetro definidas segundo a fórmula de Spiegel (1972) (equações nº 4.24 e 4.25). A distribuição em classes de diâmetro foi realizada considerando todos os indivíduos da comunidade estudada e também a contribuição de cada espécie nas classes de diâmetro.

$$IC = \frac{A}{nc} \quad (4.33)$$

onde:

IC = intervalo de classe;

A = amplitude (valor máximo – valor mínimo de diâmetro);

nc = número de classes.

$$nc = 1 + 3,3 \log(n) \quad (4.34)$$

onde:

n = número de indivíduos;

log = logaritmo na base 10.

A partir das classes diamétricas estabelecidas para a comunidade, o mesmo intervalo de classe foi usado para realizar a distribuição diamétrica dos indivíduos de *Caryocar brasiliense*. Essa distribuição diamétrica teve como objetivo avaliar a representatividade de cada classe de diâmetro, para verificar a tendência de uma curva exponencial negativa, tomada como indicativa de estabilidade populacional.

4.3.3 - Eficiência da amostragem aleatória de ramos

A eficiência da amostragem aleatória de ramos foi avaliada através dos seguintes critérios:

a) comparação entre os métodos de atribuir probabilidades (uniforme e proporcional ao diâmetro do ramo) por meio do cálculo da eficiência relativa (HUSCH et al., 1972), em diferentes intensidades amostrais;

b) na árvore nº 05, a comparação da variância paramétrica da média (equação 4.9), com as estimativas da variância da média (equação 4.10), em ambas as técnicas de atribuir probabilidades (uniforme e proporcional ao diâmetro ao quadrado);

c) avaliação das mudanças na estimativa da variância da média em função das diferentes intensidades amostrais testadas (intensidade amostral é o número de caminhos percorridos e foram testadas intensidades amostrais de 2 a 10 caminhos);

d) avaliação da aplicação prática em campo através da contagem do tempo com auxílio de cronômetro em três níveis do procedimento: tempo gasto por caminho, por conjunto de caminhos (diferentes intensidades amostrais) e por árvore amostrada.

A eficiência relativa (HUSCH et al., 1972) é usada para avaliar a eficiência entre diferentes tamanhos e formas de unidades amostrais, bem como avaliar a eficiência de um procedimento de amostragem em relação ao outro (SILVA et al., 2005). O cálculo da eficiência relativa é dado pela seguinte fórmula (adaptada de HUSCH et al., 1972):

$$ER (\%) = \left(\frac{cv_{y1}}{cv_{y2}} \times \frac{t_1}{t_2} \right) \times 100 \quad (4.35)$$

onde:

ER = eficiência relativa (%);

cv_{y1} = estimativa do coeficiente de variação do procedimento usado como base comparativa, técnica de probabilidade proporcional ao diâmetro - PPD;

cv_{y2} = estimativa do coeficiente de variação do procedimento a ser comparado, técnica de probabilidade uniforme - PU;

t_1 = tempo de medição das unidades amostrais (caminhos) obtido com a técnica de probabilidade proporcional ao diâmetro - PPD;

t_2 = tempo de medição das unidades amostrais (caminhos) obtido com a técnica de probabilidade uniforme - PU.

Se a eficiência relativa for menor do que 100, significa que o procedimento um é mais eficiente do que o procedimento dois, isto é, indica que a amostragem aleatória dos ramos aplicada com probabilidade proporcional ao diâmetro é mais eficiente do que a amostragem feita com probabilidade uniforme para estimar a produção de frutos. Contudo, se o valor da eficiência relativa for igual a 100 ou valores próximos a 100, ambos os procedimentos fornecem estimativas igualmente precisas da verdadeira média da população (SILVA et al., 2005). Nesse caso, o melhor procedimento será aquele que apresentar o menor erro padrão da média.

Para auxiliar na análise da eficiência e precisão da amostragem aleatória de ramos, a árvore nº 05 de *Caryocar brasiliense* teve a ramificação da copa mapeada, de modo que todos os nós (bifurcações) e ramos foram identificados e tiveram seus diâmetros registrados. A partir do mapeamento, foram feitas comparações entre as diferentes ordens dos nós e ramos da copa. A ordem do ramo é um indicativo do tamanho do caminho percorrido, sendo que as copas com caminhos de mesmo tamanho (regulares) tendem a apresentar menor variância nas estimativas com a amostragem aleatória de ramos, como apontado por Cancino & Saborowski (2007).

4.3.4 - Censo da produção de frutos por quadrante geográfico e estrato da copa

A produção de frutos na copa foi avaliada em cada quadrante e em cada estrato amostrado, com a finalidade de comparar a frutificação nessas porções da copa. O objetivo dessa avaliação foi obter informações adicionais sobre o comportamento da frutificação e a distribuição dos frutos na copa da espécie-alvo (*Caryocar brasiliense*).

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 - SUFICIÊNCIA AMOSTRAL

O inventário realizado obteve uma precisão de 9,61 %, considerando a variável densidade de indivíduos por hectare e 9,15 % para a variável área basal por hectare ($\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$), ambos calculados considerando um nível de significância de 5 %. Assim, pode-se inferir que a amostragem realizada foi representativa da comunidade, pois o erro amostral ou precisão calculada foi inferior à requerida de 15 %. Desse modo, a população amostrada encontra-se dentro do intervalo de confiança de $1.585 \text{ ind}.\text{ha}^{-1} \pm 152,31$ e de $10,08 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1} \pm 0,923$, considerando um nível de significância de 5 %.

A curva espécie área indica que a intensidade amostral de um hectare foi suficiente para representar a população (Figura 5.1), o que foi corroborado com o ajuste da curva platô. O ajuste da curva platô apresentou um coeficiente de determinação (R^2) de 95,2 %, indicando um bom ajuste da curva.

De acordo com a curva espécie-área ajustada, a formação do platô ocorreu aproximadamente na quinta parcela, que totalizou 0,5 ha amostrados. Nesse ponto da curva, foram registradas 54 espécies, ou seja, 96,4 % do total de espécies amostradas em todo o inventário. Desta forma, os resultados comprovam que a suficiência mínima na amostragem da comunidade florística foi alcançada (MULLER-DOMBOIS & ELLEMBERG, 2002).

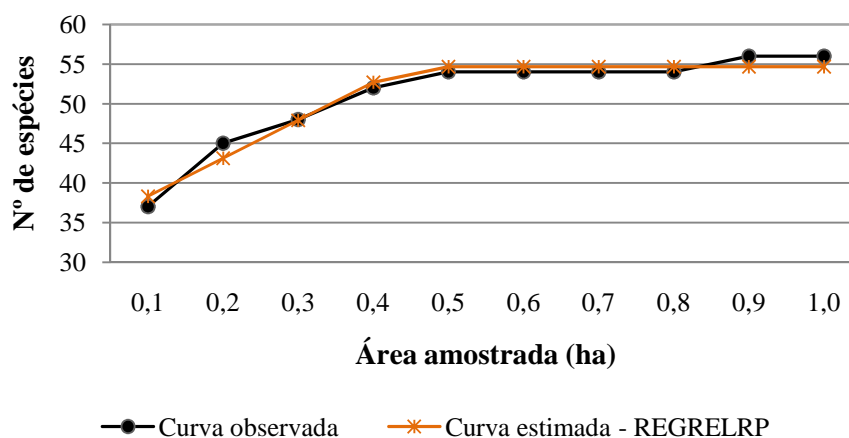


Figura 5.1 - Curva espécie-área do cerrado *sensu stricto* amostrado na Fazenda Água Limpa, Distrito Federal.

5.2 - COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA, ESTRUTURA FITOSSOCIOLÓGICA E DIAMÉTRICA DA VEGETAÇÃO LENHOSA

5.2.1 - Composição florística

Foram registradas 56 espécies pertencentes a 45 gêneros e 26 famílias (Tabela 5.1). Este número de espécies está próximo de valores registrados em áreas de cerrado *sensu stricto* no Distrito Federal (FELFILI et al., 1998; FELFILI et al., 2000; ASSUNÇÃO & FELFILI, 2004; LIBANO & FELFILI, 2006) avaliadas com o mesmo sistema de amostragem, tamanho de parcela e limite de inclusão do diâmetro. Entretanto, a riqueza da área de estudo foi menor do que a encontrada no cerrado *sensu stricto* da Chapada dos Veadeiros, cujo número de espécies está entre 82 e 97 (FELFILI & SILVA JÚNIOR, 2005).

Tabela 5.1– Composição florística da vegetação lenhosa do cerrado *sensu stricto* da área de estudo na Fazenda Água Limpa, Distrito Federal.

Família / Espécie
APOCYNACEAE
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.
ARALIACEAE
<i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schltldl.) Frodin
ASTERACEAE (COMPOSITAE)
<i>Eremanthus glomerulatus</i> Less.
<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Bake
BIGNONIACEAE
<i>Tecoma ochracea</i> Cham.
CARYOCARACEAE
<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.
CELASTRACEAE
<i>Plenckia populnea</i> Reissek
<i>Salacia crassifolia</i> (Mart.) G. Don.
CLUSIACEAE (GUTTIFERAE)
<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart.
<i>Kielmeyera speciosa</i> A. St.-Hil
CONNARACEAE
<i>Connarus suberosus</i> Planch.
<i>Rourea induta</i> Planch.
DILLENACEAE
<i>Davilla elliptica</i> A. St. Hil.

Tabela 5.1 (continuação)

EBENACEAE

Diospyros burchellii Hern.

ERYTHROXYLACEAE

Erythroxylum deciduum St. Hil.

Erythroxylum suberosum St. Hil.

Erythroxylum tortuosum Mart.

FABACEAE (LEGUMINOSAE-CAESALPINIOIDEAE)

Dimorphandra mollis Benth.

Hymenaea stigonocarpa Mart. ex. Hayne

Tachigalia paniculatum Vogel.

FABACEAE (LEGUMINOSAE-MIMOSOIDEAE)

Enterolobium gummiferum (Mart.) Macb.

Mimosa clausenii Benth.

Stryphnodendron adstringens (Mart.) Coville

FABACEAE (LEGUMINOSAE-PAPILIONOIDEAE)

Acosmium dasycarpum (Vog.) Yakovl.

Dalbergia miscolobium Benth.

Machaerium acutifolium Vogel

Machaerium opacum Vog.

Pterodon pubescens (Benth.) Benth.

Vaitarea macrocarpa (Benth.) Ducke

LOGANIACEAE

Strychnos pseudoquina St. Hil.

LYTHRACEAE

Lafoensia pacari St. Hil.

MALPIGHIACEAE

Byrsonima coccolobifolia H. B. & K.

Byrsonima pachyphylla A. Juss.

Byrsonima verbascifolia (L.) Rich. ex. A. L. Juss

Heteropterys byrsonimifolia A. Juss.

MALVACEAE

Eriotheca pubescens (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.

MELASTOMATACEAE

Miconia ferruginata DC.

Miconia pohliana Cogn.

MYRSINACEAE

Myrsine guianensis (Aubl.) Kuntze

MYRTACEAE

Blepharocalyx salicifolius (Kunth) O. Berg

Psidium pohlianum O. Berg

NYCTAGINACEAE

Guapira noxia (Netto) Lundell

Neea theifera Oerst.

Tabela 5.1 (continuação)

OCHNACEAE

Ouratea hexasperma (St. Hil.) Baill.

PROTEACEAE

Roupala montana Aubl.

RUBIACEAE

Palicourea rigida Kunth.

Tocoyena formosa (Cham. & Schlecht.) K. Schum.

SAPOTACEAE

Pouteria ramiflora (Mart.) Radlk.

STYRACACEAE

Styrax ferrugineus Pohl.

SYMPLOCACEAE

Symplocos rahmnifolia A. DC.

VOCHYSIACEAE

Qualea grandiflora Mart.

Qualea multiflora Mart.

Qualea parviflora Mart.

Vochysia elliptica Mart.

Vochysia thyrsoidea Pohl.

As famílias com maior número de espécies foram: Fabaceae (12), Vochysiaceae (5), Malpighiaceae (4) e Erythroxylaceae (3). Aproximadamente 54 % das famílias registradas foram representadas por apenas uma espécie. Fabaceae foi também a família com maior número de indivíduos (207), seguida pelas famílias Vochysiaceae (186), Compositae (151), Ochnaceae e Proteaceae (118) e Caryocaraceae (99). As famílias Ochnaceae e Proteaceae são representadas por uma única espécie e para Fabaceae, as espécies que mais contribuíram com a alta densidade dessa família foram *Dalbergia miscolobium* e *Stryphnodendron adstringens*.

Verificou-se ainda que as famílias com maior IVI foram Fabaceae (45,65), Vochysiaceae (41,27), Caryocaraceae (20,26) e Melastomataceae (17,17). Ochnaceae e Proteaceae apresentaram um IVI de 16,28 e 14,75, respectivamente, apesar de serem representadas apenas por uma espécie na área.

O alto valor de IVI para as espécies da família Vochysiaceae foi encontrado por outros autores em áreas de cerrado *sensu stricto* (FELFILI & SILVA JÚNIOR, 1993; ANDRADE et al., 2002; SILVA et al., 2002; FELFILI et al., 2002; FIDELIS & GODOY, 2003). Estes

autores concluíram que Vochysiaceae e Fabaceae são famílias presentes com alto valor de IVI para todas as localidades de cerrado *sensu stricto* estudadas (Estação Ecológica de Águas Emendadas, DF; Área de Proteção Ambiental Gama e Cabeça de Veado, DF; Parque Nacional de Brasília, DF; Silvânia, GO; Patrocínio, MG e Paracatu, MG). No mesmo levantamento, Felfili & Silva Júnior (1993) relatam que as famílias Caryocaraceae e Ochnaceae foram importantes na composição florística de áreas no Distrito Federal. O índice de diversidade de Shannon foi de 3,22 nats/ind. e o de equabilidade de Pielou igual a 0,80. Esses valores indicam que a área amostrada apresenta elevada diversidade de espécies. O valor do índice de equabilidade de Pielou encontrado indica alta uniformidade na distribuição dos indivíduos entre as espécies na área de estudo.

5.2.2 - Estrutura fitossociológica

Foram registrados 1.483 ind.ha⁻¹, correspondentes a uma área basal de 9,264 m².ha⁻¹ (Tabela 5.2). Os diâmetros dos indivíduos variaram de 5 a 29,8 cm e cerca de 80 % dos indivíduos atingiram no máximo 9,5 cm.

Tabela 5.2 - Parâmetros fitossociológicos da vegetação lenhosa (Db ≥ 5 cm) da área de cerrado *sensu stricto* amostrado na Fazenda Água Limpa, DF. As espécies estão ordenadas em ordem decrescente de IVI.

Espécie	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVI	IVC
<i>Caryocar brasiliense</i>	99	6,68	100	3,00	1,094	11,81	21,49	9,68
<i>Qualea grandiflora</i>	83	5,60	100	3,00	1,037	11,20	19,80	8,60
<i>Ouratea hexasperma</i>	118	7,96	100	3,00	0,633	6,84	17,80	10,96
<i>Roupala montana</i>	118	7,96	90	2,70	0,467	5,04	15,70	10,66
<i>Miconia pohliana</i>	90	6,07	100	3,00	0,599	6,47	15,54	9,07
<i>Dalbergia miscolobium</i>	72	4,86	100	3,00	0,691	7,46	15,32	7,86
<i>Qualea parviflora</i>	73	4,92	100	3,00	0,604	6,53	14,45	7,93
<i>Eremanthus glomerulatus</i>	101	6,81	90	2,70	0,395	4,27	13,78	9,51
<i>Styrax ferrugineus</i>	65	4,38	100	3,00	0,396	4,28	11,67	7,39
<i>Kielmeyera coriacea</i>	77	5,19	100	3,00	0,261	2,82	11,01	8,20
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	59	3,98	100	3,00	0,256	2,76	9,74	6,98
<i>Tachigalia paniculatum</i>	21	1,42	90	2,70	0,512	5,53	9,65	4,12
<i>Schefflera macrocarpa</i>	35	2,36	90	2,70	0,292	3,15	8,21	5,06
<i>Erythroxylum suberosum</i>	48	3,24	100	3,00	0,139	1,50	7,74	6,24
<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	50	3,37	80	2,40	0,157	1,70	7,47	5,77
<i>Byrsonima pachyphylla</i>	38	2,56	100	3,00	0,130	1,40	6,97	5,57
<i>Palicourea rigida</i>	33	2,23	90	2,70	0,132	1,43	6,35	4,93

Tabela 5.2 (continuação)

<i>Pterodon pubescens</i>	23	1,55	90	2,70	0,108	1,17	5,42	4,25
<i>Erythroxylum deciduum</i>	20	1,35	90	2,70	0,050	0,54	4,59	4,05
<i>Qualea multiflora</i>	19	1,28	80	2,40	0,084	0,91	4,59	3,68
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	19	1,28	80	2,40	0,076	0,82	4,51	3,68
<i>Eriotheca pubescens</i>	12	0,81	60	1,80	0,144	1,55	4,16	2,61
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	11	0,74	90	2,70	0,029	0,31	3,75	3,44
<i>Byrsonima verbascifolia</i>	12	0,81	80	2,40	0,047	0,51	3,72	3,21
<i>Erythroxylum tortuosum</i>	16	1,08	60	1,80	0,049	0,53	3,41	2,88
<i>Rourea induta</i>	13	0,88	70	2,10	0,039	0,42	3,40	2,98
<i>Guapira noxia</i>	11	0,74	70	2,10	0,040	0,43	3,27	2,84
<i>Pouteria ramiflora</i>	8	0,54	50	1,50	0,074	0,80	2,84	2,04
<i>Davilla elliptica</i>	7	0,47	70	2,10	0,023	0,25	2,82	2,57
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	8	0,54	30	0,90	0,121	1,31	2,75	1,44
<i>Myrsine guianensis</i>	16	1,08	40	1,20	0,043	0,46	2,74	2,28
<i>Vochysia thyrsoidea</i>	4	0,27	40	1,20	0,117	1,26	2,74	1,47
<i>Kielmeyera speciosa</i>	9	0,61	60	1,80	0,028	0,30	2,71	2,41
<i>Connarus suberosus</i>	12	0,81	50	1,50	0,032	0,35	2,66	2,31
<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	6	0,40	60	1,80	0,031	0,34	2,55	2,21
<i>Enterolobium gummiferum</i>	8	0,54	50	1,50	0,030	0,32	2,36	2,04
<i>Vochysia elliptica</i>	7	0,47	50	1,50	0,034	0,37	2,34	1,97
<i>Heteropterys byrsonimifolia</i>	7	0,47	40	1,20	0,024	0,26	1,93	1,67
<i>Macherium acutifolium</i>	10	0,67	30	0,90	0,026	0,28	1,85	1,58
<i>Miconia ferruginata</i>	5	0,34	30	0,90	0,047	0,51	1,75	1,24
<i>Tabebuia ochracea</i>	4	0,27	40	1,20	0,014	0,15	1,62	1,47
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	4	0,27	30	0,90	0,032	0,35	1,52	1,17
<i>Lafoensia pacari</i>	5	0,34	30	0,90	0,016	0,17	1,41	1,24
<i>Plenckia populnea</i>	3	0,20	30	0,90	0,017	0,18	1,28	1,10
<i>Symplocos rahmnifolia</i>	3	0,20	30	0,90	0,010	0,11	1,21	1,10
<i>Salacia crassifolia</i>	3	0,20	30	0,90	0,008	0,08	1,19	1,10
<i>Vaitarea macrocarpa</i>	5	0,34	20	0,60	0,022	0,23	1,17	0,94
<i>Acosmium dasycarpum</i>	2	0,13	20	0,60	0,006	0,07	0,80	0,74
<i>Neea theifera</i>	2	0,13	20	0,60	0,006	0,07	0,80	0,74
<i>Tocoyena formosa</i>	2	0,13	20	0,60	0,006	0,06	0,80	0,74
<i>Strychnos pseudoquina</i>	1	0,07	10	0,30	0,017	0,19	0,55	0,37
<i>Diospyros burchellii</i>	2	0,13	10	0,30	0,006	0,07	0,50	0,44
<i>Dimorphandra mollis</i>	1	0,07	10	0,30	0,003	0,03	0,40	0,37
<i>Psidium pohlianum</i>	1	0,07	10	0,30	0,003	0,03	0,40	0,37
<i>Mimosa clausenii</i>	1	0,07	10	0,30	0,003	0,03	0,40	0,37
<i>Machaerium opacum</i>	1	0,07	10	0,30	0,002	0,03	0,39	0,37
Total	1.483	100	3.330	100	9,264	100	300	200

DA = densidade absoluta (n° indivíduos.ha⁻¹); DR = densidade relativa (%); FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa (%); DoA = dominância absoluta (m².ha⁻¹); DoR = dominância relativa (%); IVI = Índice de Valor de Importância (%); IVC = Índice de Valor de Cobertura (%).

Os indivíduos mortos também foram representativos na comunidade amostrada, totalizando, na área amostrada, aproximadamente, 8,12 % da área basal e 6,44 % da densidade, por hectare. Essa porcentagem da densidade de indivíduos mortos foi próxima da média de 5,62 % encontrada por Felfili & Silva Júnior (1993) em áreas de cerrado *sensu stricto* e de 5,4 % relatados por Assunção & Felfili (2002).

Quando os indivíduos mortos foram incluídos nos cálculos dos parâmetros que caracterizam a estrutura da vegetação, ocuparam a terceira posição de maior densidade, área basal e IVI na área estudada. Com a inclusão desses indivíduos, o valor total da densidade passou para 1.585 ind.ha⁻¹ e o da área basal para 10,08 m².ha⁻¹, isto é, proporcionaram um aumento na ordem de 6,43 % e 8,1 %, respectivamente.

Vinte e três espécies (*Ouratea hexasperma*, *Roupala montana*, *Eremanthus glomerulatus*, *Caryocar brasiliense*, *Miconia pohliana*, *Qualea grandiflora*, *Kielmeyera coriacea*, *Qualea parviflora*, *Dalbergia miscolobium*, *Styrax ferrugineus*, *Stryphnodendron adstringens*, *Piptocarpha rotundifolia*, *Erythroxylum suberosum*, *Byrsonima pachyphylla*, *Schefflera macrocarpa*, *Palicourea rigida*, *Pterodon pubescens*, *Sclecerolobium paniculatum*, *Erythroxylum deciduum*, *Qualea multiflora*, *Aspidosperma tomentosum*, *Erythroxylum tortuosum* e *Myrsine guianensis*) se destacaram na área por apresentar as maiores densidades. Essas maiores densidades são aquelas de valor igual ou superior a 15 ind.ha⁻¹, que é a densidade média por espécie encontrada nos levantamentos contínuos do cerrado *sensu stricto* da Fazenda Água Limpa, conforme Felfili et al. (2000).

As espécies 23 espécies de maior densidade representaram 87,19 % do número de indivíduos amostrados e 88,62 % da área basal total. A maioria (82,4 %) dessas espécies apresentou-se regularmente distribuídas na área, sendo encontradas em pelo menos 90% das parcelas amostradas.

Foram encontradas dez espécies representando 51,7 % do IVI total e 63,3 % do IVC total, as quais são, em ordem decrescente: *Caryocar brasiliense*, *Qualea grandiflora*, *Ouratea hexasperma*, *Miconia pohliana*, *Roupala montana*, *Dalbergia miscolobium*, *Qualea parviflora*, *Eremanthus glomerulatus*, *Styrax ferrugineus* e *Kielmeyera coriacea*. Nem todas as espécies com maior IVI encontradas nesse estudo foram as mesmas de outros levantamentos em cerrado *sensu stricto*, provavelmente em função do comportamento em

mosaico da distribuição das espécies (FELFILI & SILVA JÚNIOR, 1993 e RATTER et al., 2000).

Entretanto, as espécies *Caryocar brasiliense*, *Ouratea hexasperma*, *Styrax ferrugineus*, *Qualea parviflora*, *Eremanthus glomerulatus*, *Qualea grandiflora*, *Roupala montana*, *Dalbergia miscolobium* e *Kielmeyera coriacea* são freqüentemente relatadas como espécies com elevados índices de importância nas comunidades de cerrado *sensu stricto* (FELFILI & SILVA JÚNIOR, 1993 e ASSUNÇÃO & FELFILI, 2004). Segundo Nunes et al. (2002), a partir de levantamento florístico de 100 parcelas (20 x 50 m) de cerrado *sensu stricto* no Distrito Federal, as espécies citadas acima foram consideradas pelos autores como não-preferenciais e, portanto, indicadas para a recuperação de áreas degradadas.

Foi observado que seis espécies ocorreram apenas em uma parcela: *Strychnos pseudoquina*, *Diospyrus burchellii*, *Roupala montana*, *Dimorphandra mollis*, *Psidium pohlianum*, *Mimosa clausenii* e *Machaerium opacum*. As espécies que ocorreram em todas as parcelas foram: *Caryocar brasiliense*, *Qualea grandiflora*, *Ouratea hexasperma*, *Miconia pohliana*, *Dalbergia miscolobium*, *Qualea parviflora*, *Styrax ferrugineus*, *Kielmeyera coriacea*, *Stryphnodendron adstringens* e *Erythroxylum suberosum*. Além disso, foram encontradas cinco espécies que estão presentes com apenas um indivíduo na área amostrada: *Strychnos pseudoquina*, *Dimorphandra mollis*, *Psidium pohlianum*, *Mimosa clausenii* e *Machaerium opacum*.

Haridasan (2005), ao avaliar a concentração dos nutrientes foliares, concluiu que, apesar da elevada riqueza de espécies arbóreas no cerrado *sensu stricto*, poucas espécies constituem as maiores populações e contribuem com a maior parte da biomassa e estoque de nutrientes. Dentre essas espécies mais abundantes e com maior número de indivíduos, aliada à menor concentração de nutrientes nas folhas estão *Qualea parviflora* e *Caryocar brasiliense*. Essas espécies aparentam ser menos exigentes em nutrientes, sendo de ampla distribuição geográfica na região de Cerrado.

5.2.3 – Estrutura diamétrica

A curva da distribuição diamétrica da comunidade (Figura 5.2) indica que 86,5 % dos indivíduos encontram-se nas três primeiras classes (diâmetro até 11 cm), sendo que 55,5 % dos fustes estão concentrados na primeira classe (5 a 7 cm), 22,6 % na segunda (7 a 9 cm) e 8,4 % na terceira (9 a 11 cm). Esses dados indicam apenas uma tendência de que a comunidade estudada apresenta uma distribuição exponencial negativa, conhecida como “J-invertido” (MEYER et al., 1961).

Entretanto, essa configuração da curva não deve ser tomada como um indicativo de que todas as espécies da comunidade estão representadas em todas as classes, principalmente inferir sobre o estoque de indivíduos jovens das espécies (Figura 5.3).

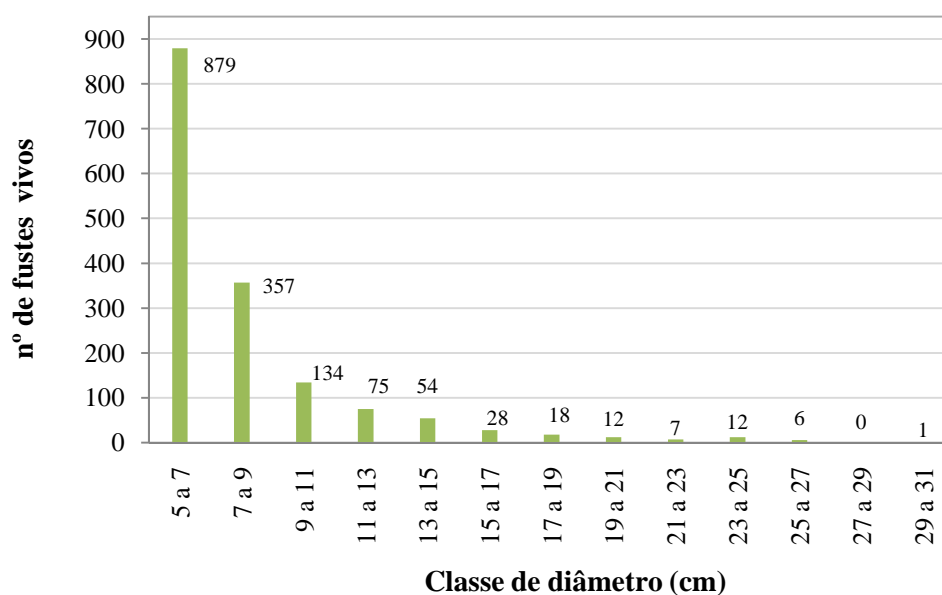


Figura 5.2 - Distribuição em classes diamétricas (cm) dos fustes (incluindo os fustes mortos) da comunidade de cerrado *sensu stricto* da Fazenda Água Limpa na área de estudo.

Na distribuição das espécies por classe de diâmetro, nota-se que o padrão de distribuição de ocorrência das espécies por classe de diâmetro também é exponencial negativo, onde o número de espécies reduz a medida que diminui as classes de diâmetro (Figura 5.3).

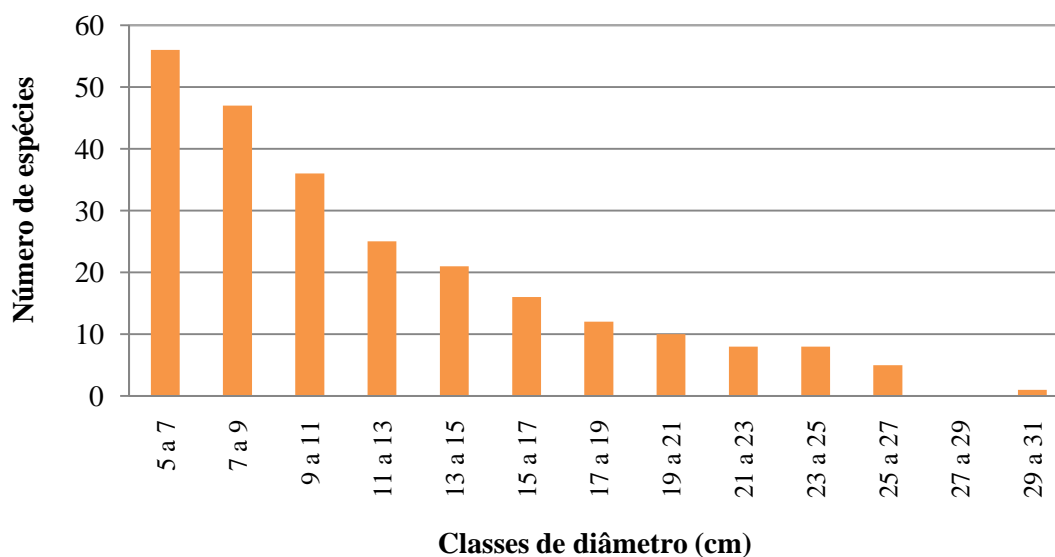


Figura 5.3 - Distribuição diamétrica em relação ao número de espécies encontradas na comunidade de cerrado *sensu stricto* da Fazenda Água Limpa na área de estudo.

Foi observado na primeira classe de diâmetro que 18,1% do total de indivíduos representam apenas duas espécies: *Roupala montana* e *Eremanthus glomerulatus*. Na oitava classe de diâmetro (19 a 21 cm), estão presentes apenas seis espécies *Qualea grandiflora*, *Caryocar brasiliense*, *Dalbergia miscolobium*, *Roupala montana*, *Schefflera macrocarpa* e *Sclerolobium paniculatum*. É relevante ressaltar que *Caryocar brasiliense* foi a única espécie que apresentou indivíduos em todas as classes diamétricas, exceto na classe na qual não houve registro de nenhum indivíduo de nenhuma espécie (classe 12).

5.3 - AMOSTRAGEM ALEATÓRIA DE RAMOS

5.3.1 - Seleção de árvores

Durante a realização do inventário foi registrada a presença de 110 fustes de *Caryocar brasiliense*, representando 99 indivíduos. A distribuição diamétrica da espécie-alvo apresentou indivíduos em todas as classes diamétricas, com exceção da classe 12 (27 a 29 cm) que não apresentou nenhum registro (Figura 5.4), com destaque para o reduzido número de indivíduos nas seis últimas classes.

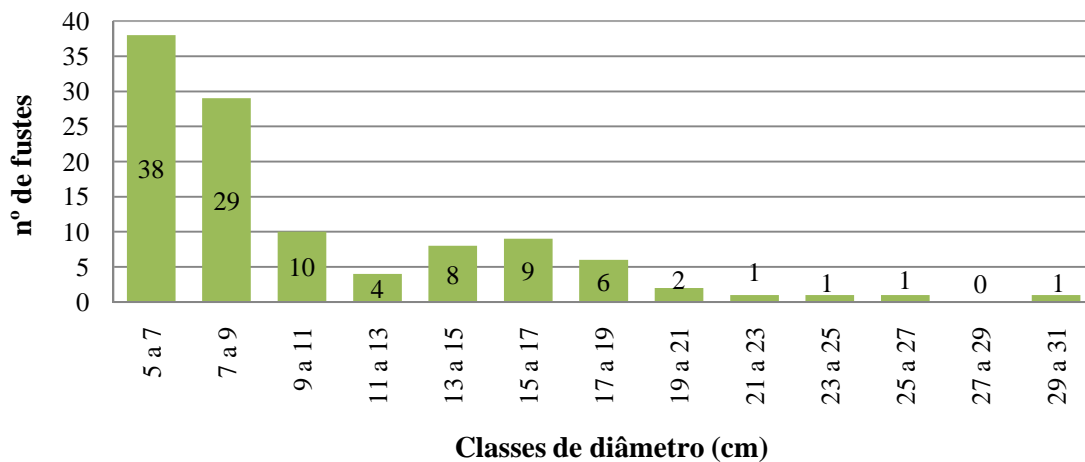


Figura 5.4 - Distribuição diamétrica dos fustes de *Caryocar brasiliense* Camb. identificados na comunidade de cerrado *sensu stricto* da Fazenda Água Limpa na área de estudo.

Foi observado que 73,6 % dos fustes estão concentrados nas quatro primeiras classes de diâmetro, ou seja, a maioria dos indivíduos possui um diâmetro da base inferior a 13 cm. O restante dos fustes (26,4 % do total) encontra-se na 5ª classe de diâmetro em diante, ou seja, possuem diâmetro da base superior a 15 cm. Com isso, verifica-se que a distribuição diamétrica dos fustes de *Caryocar brasiliense* também apresentou uma tendência para a distribuição exponencial negativa dos diâmetros.

Durante os trabalhos em campo, observou-se que os indivíduos sorteados das quatro primeiras classes de diâmetro (até 13 cm) não apresentaram produção de frutos que justificasse a aplicação da amostragem aleatória de ramos, ou seja, a produção de frutos desses indivíduos era facilmente contada pelo seu reduzido número. Desse modo, foram selecionados cinco indivíduos produtivos (Tabela 5.3), que representavam a produção de frutos das seguintes classes de diâmetro: 5ª e 6ª, 7ª e 8ª, 9ª e 10ª, 11ª e 12ª e 13ª. Nas duas últimas classes de diâmetro (acima de 25 cm) não houve sorteio para seleção de árvores devido à limitação no número de indivíduos (um em cada classe). As variáveis dendrométricas das árvores amostradas estão detalhadas na Tabela 5.4.

Tabela 5.3 - Procedimento de seleção das árvores de *Caryocar brasiliense* Camb. em cada par de classe diamétrica. As quatro primeiras classes não tiveram árvores amostradas, em função da baixa ou nenhuma produção de frutos.

Classes Diamétricas	Intervalos de Db (cm)	Árvores amostradas
1 ^a	5 a 7	~
2 ^a	7 a 9	~
3 ^a	9 a 11	~
4 ^a	11 a 13	~
5 ^a	13 a 15	~
6 ^a	15 a 17	nº 136
7 ^a	17 a 19	~
8 ^a	19 a 21	nº 138
9 ^a	21 a 23	nº 44
10 ^a	23 a 25	~
11 ^a	25 a 27	nº 05
12 ^a	27 a 29	~
13 ^a	29 a 31	nº 106
TOTAL		5

Tabela 5.4 - Características dos indivíduos de *Caryocar brasiliense* Camb. selecionados para aplicação da amostragem aleatória de ramos e contagem total dos frutos e suas respectivas variáveis dendrométricas.

Nº	Db	g	H _{total}	H _{copa}	D _{c1}	D _{c2}	S _{copa}	τy	Classe de Diâmetro
136	16,8	0,0220	4,3	2,2	2,5	5,0	25,92	156	6 ^a
138	19,4	0,0296	4,0	2,8	5,5	4,0	41,78	80	8 ^a
44	22,7	0,0403	3,9	2,3	5,4	5,4	39,02	202	9 ^a
5	26,9	0,0568	4,6	4,2	7,8	7,5	100,94	243	11 ^a
106	29,8	0,0697	4,1	3,6	3,8	4,4	46,37	232	13 ^a
Média	23,1	0,0437	4,2	3,0	5,0	5,3	50,80	182,6	

Nº = número da árvore (indivíduo) selecionada aleatoriamente para aplicação da amostragem aleatória de ramos e para contagem total dos frutos; Db = diâmetro da base tomado a 30 cm do solo (cm); g = área seccional (m²); H_{total} = altura total (m); H_{copa} = altura da copa (m); D_{c1} = diâmetro da copa medido no sentido norte-sul (m); D_{c2} = diâmetro da copa medido no sentido leste-oeste (m); S_{copa} = superfície da copa (m²); τy = número real de frutos.

5.3.2 - Censo da produção de frutos em *Caryocar brasiliense* Camb.

O censo da produção de frutos foi realizado com o objetivo principal de avaliar a precisão das estimativas obtidas com o método de amostragem aleatória de ramos. Entretanto, a contagem dos frutos das árvores por quadrante geográfico e estrato permitiu comparações adicionais sobre a distribuição da frutificação na copa das árvores estudadas (Tabela 5.5).

A análise da produção de frutos por quadrantes e estratos da copa indicou maior produção de frutos no quadrante sudoeste, com média de 68,8 frutos. Em relação aos estratos da copa, o estrato dois (mediano) apresentou a maior produção de frutos, com uma média de 91,8 frutos. Ao observar a produção considerando os quadrantes e estratos simultaneamente, o maior número de frutos foi encontrado no estrato dois (mediano) do quadrante sudoeste, com média de 40,0 frutos.

Tabela 5.5 - Valores médios da produção de frutos por quadrante geográfico e estrato da copa, considerando todas as árvores de *Caryocar brasiliense* Camb. selecionadas.

Média da produção das árvores amostradas	NO	SO	NE	SE	Média de estratos
base - estrato 1	12,4	6,8	4,4	6,2	29,8
meio - estrato 2	20,2	40,0	17,0	14,6	91,8
topo - estrato 3	15,8	22,0	7,2	16,0	61,0
Média de quadrantes	48,4	68,8	28,6	36,8	182,6

NO = noroeste; SO = sudoeste; NE = nordeste; SE = sudeste

A média do número de frutos para as cinco árvores foi de 182,6 frutos/árvore adulta, indicando que a produção por indivíduo, no ano de 2008, foi alta quando comparada com os valores de 24 frutos/ind. (ZARDO, 2008) e 25 frutos/ind. (SANTANA & NAVES, 2003). Porém, Santana & Naves (2003) relatam que a produção variou de 0 a 351 frutos de pequi por planta, sendo que o valor encontrado para as cinco árvores desse estudo estão nesse intervalo.

É preciso destacar que Santana & Naves (2003) avaliaram um total de 1.173 indivíduos de pequi, dos quais 663 (56,5 %) não produziram frutos, 473 (40,3 %) produziram de 1 a 100 frutos, 34 (2,9 %) tiveram entre 101 e 200 frutos, apenas duas (0,17%) tiveram entre 201 e 300 frutos e somente uma planta (0,09 %) produziu acima de 300 frutos. Os mesmos

autores ainda observaram que a maior parte dos indivíduos sem frutos tinha até 11 cm de diâmetro (Db medido a 10 cm do solo). Esse resultado corrobora com as observações de campo do presente trabalho, onde foi observado que as árvores de menor diâmetro, geralmente até 13 cm de diâmetro (Db medido a 30 cm do solo) apresentaram pouca ou nenhuma produção de frutos.

Entretanto, é preciso destacar que a maior produção comparada com os dois estudos citados pode ser atribuída ao fato de que nesse estudo foi quantificada a produção de frutos imaturos, no início do período de frutificação (em novembro de 2008) e somente foi quantificada a produção de frutos em árvores com diâmetro maior que 16 cm. Portanto, as árvores amostradas representam uma pequena parcela da população de indivíduos de pequi da área de estudo. Ou seja, representam os indivíduos da 6^a a 13^a classe de diâmetro (15 a 31 cm), que correspondem a 0,19 % do total de indivíduos.

No trabalho de Zardo (2008), o autor cita que, em seu levantamento, foi encontrada uma produção média de 24 frutos/ind. de pequi, pois foram considerados todos os indivíduos de pequi encontrados nos dois hectares amostrados. Os autores, Santana & Naves (2003) e Zardo (2008), atribuem esse baixo valor de produção média ao fato de que, ao considerar a média de todos os indivíduos de pequi produtivos, são incluídos indivíduos de pequeno porte e baixa produção de frutos.

Já Gribel & Hay (1993) encontraram 263 frutos por hectare, de um conjunto de 37 árvores, o que fornece um valor médio de 7,2 frutos/ind.. Zardo (2008) considerou baixa a produção média de 11 frutos/ind. de pequi no ano de 2007. A média da produção de frutos maduros de 15 indivíduos no município de Damianópolis (GO) foi de 2.195 frutos em 28,8 dias de produção (GULIAS et al., 2008a), o que resulta em 146,3 frutos/ind. Mas essa produção foi quantificada nas árvores provavelmente submetidas à extração de frutos, pois estavam localizadas em um local de acesso fácil. Segundo Silva (1998), a produção média por árvore em uma safra varia de 500 a 2.000 frutos, que é um valor superior ao encontrado para as árvores amostradas nesse estudo. Mas é preciso ressaltar que nesse estudo não foi feito o monitoramento de toda a safra, mas tão somente uma quantificação dos frutos imaturos no início do período de frutificação (novembro de 2008).

Essas variações na produção de frutos podem ser atribuídas também às diferenças no genótipo das populações, às condições climáticas do ano de frutificação e à localização das árvores (pastagens ou áreas naturais) (LEITE et al., 2006; ZARDO, 2008). Em áreas de pastagens em Montes Claros (MG), a produção de frutos por indivíduo foi maior do que na área remanescente de Cerrado, em função da maior altura e maior copa dos indivíduos localizados na pastagem (LEITE et al., 2006). E mesmo em uma mesma população de *Caryocar brasiliense*, a frutificação não é regular, acontecendo anos de grande produção e anos de baixa produção (BARRADAS, 1972).

Ao comparar todos os quadrantes por orientação geográfica norte-sul-leste-oeste das cinco árvores amostradas, três delas (60 %) apresentaram maior produção de frutos na face oeste da copa e as outras duas na face sul da copa (40 %) (Tabela 5.6). Além disso, 60 % das árvores produziram mais na parte mediana da copa e a o restante (40%) na porção apical da árvore, no estrato três.

Tabela 5.6 - Produção total e percentual de frutos das árvores de *Caryocar brasiliense* Camb. selecionadas, por quadrante geográfico (NO, SO, NE e SE) e por estratos da copa, calculada pela relação entre o número de frutos do quadrante e/ou estrato da copa pela produção total de frutos.

		NO	SO	NE	SE	TOTAL
Árvore nº 05	base - estrato 1	6 (2,5%)	9 (3,7%)	11 (4,5%)	3 (1,23%)	29 (11,9%)
	meio - estrato 2	24 (9,9%)	73 (30,0%)*	12 (4,9%)	17 (7,00%)	126 (51,9%)*
	topo - estrato 3	19 (7,8%)	16 (6,6%)	20 (8,2%)	33 (13,58%)	88 (36,2%)
	TOTAL	49 (20,2%)	98 (40,3%)*	43 (17,7%)	53 (21,8%)	243 (100%)
Árvore nº 106		NO	SO	NE	SE	TOTAL
	base - estrato 1	16 (6,9%)	0 (0%)	11 (4,7%)	25 (10,8%)	52 (22,4%)
	meio - estrato 2	34 (14,7%)	54 (23,3%)*	32 (13,8%)	29 (12,5%)	149 (64,2%)*
	topo - estrato 3	19 (8,2%)*	3 (1,3%)	4 (1,7%)	5 (2,2%)	31 (13,4%)
	TOTAL	69 (29,7%)	57 (24,6%)	47 (20,3%)	59 (25,4%)	232 (100%)
Árvore nº 138		NO	SO	NE	SE	TOTAL
	base - estrato 1	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (3,8%)	3 (3,8%)
	meio - estrato 2	8 (10%)	12 (15%)	5 (6,3%)	7 (8,8%)	32 (40,0%)
	topo - estrato 3	11 (13,8%)	15 (18,8%)*	5 (6,3%)	14 (17,5%)	45 (56,3%)*
	TOTAL	19 (23,8%)	27 (33,8%)*	10 (12,5%)	24 (30,0%)	80 (100%)
Árvore nº 136		NO	SO	NE	SE	TOTAL
	base - estrato 1	7 (4,5%)	10 (6,4%)	0 (0%)	0 (0%)	17 (10,9%)
	meio - estrato 2	11 (7,1%)	43 (27,6%)	4 (2,6%)	6 (3,9%)	64 (41,0%)
	topo - estrato 3	16 (10,3%)	51 (32,7%)*	4 (2,6%)	4 (2,6%)	75 (48,1%)*
	TOTAL	34 (21,8%)	104 (66,7%)*	8 (5,1%)	10 (6,4%)	156 (100%)

Tabela 5.6 (continuação)

Árvore n° 44	NO	SO	NE	SE	TOTAL
	base - estrato 1	33 (16,3%)*	15 (7,4%)	0 (0%)	0 (0%)
meio - estrato 2	24 (11,9%)	18 (8,9%)	32 (15,8%)	14 (6,9%)	88 (43,6%)*
topo - estrato 3	14 (6,9%)	25 (12,4%)	3 (1,5%)	24 (11,9%)	66 (32,7%)
TOTAL	71 (35,2%)*	58 (28,7%)	35 (17,3%)	38 (18,8%)	202 (100%)

NO = noroeste; SO = sudoeste; NE = nordeste; SE = sudeste

* Valores percentuais (%) referentes aos quadrantes geográficos, estratos e porção da copa (quadrante combinado ao estrato) mais produtivos, ou seja, que apresentaram maior número de frutos.

Em indivíduos de *Caryocar brasiliense* em Montes Claros (MG), Leite et al. (2006) encontraram maior produção de frutos na face oeste da copa, seguida pelas faces norte, sul e leste. Segundo o mesmo autor, a baixa produção de frutos nas faces leste e norte nos indivíduos da pastagem pode ser justificada pela alta proporção de flores derrubadas nessas porções, devido à direção predominante do vento de nordeste para leste. Além disso, nos indivíduos da pastagem, Leite et al. (2006) verificaram a maior produção de frutos na parte basal da copa, seguida pelo meio e topo. De modo contrário, a maior produção das árvores amostradas nesse estudo ocorreu nos estratos medianos e apicais. A menor produção na parte basal da copa das árvores amostradas nesse estudo pode ser atribuída ao maior sombreamento dos ramos localizados no estrato basal da copa, segundo Lamien et al. (2007), estudando uma espécie africana chamada *Vitellaria paradoxa*. Isso pode explicar, em parte, porque árvores de *Caryocar brasiliense* na pastagem produzem mais na base da copa, local que recebe iluminação solar pela falta de sombreamento das árvores vizinhas.

Além disso, Lamien et al. (2007) concluiu, ao coletar dados de 191 indivíduos de *Vitellaria paradoxa* na África, que a menor produção de frutos ocorre na porção nordeste da copa. O mesmo comportamento foi observado para as árvores amostrada de *Caryocar brasiliense*. O fator que justifica essa diferença na produção da copa pode ser o vento, segundo Lamien et al. (2007), que promove perturbação nos polinizadores, abscisão de brotos, de flores e de frutos jovens. Apesar da diferença na produção da copa ser atribuída à velocidade e direção predominante do vento (LAMIEN et al., 2007; LEITE et al., 2006), nesse estudo não foram obtidos dados climáticos que permitiriam inferir sobre essa influência nas árvores.

Nos valores apresentados na Tabela 5.6, observa-se que, na árvore nº 05, o maior número de frutos está no quadrante sudoeste e no estrato mediano da copa e a porção mais produtiva é o estrato mediano dentro do quadrante sudoeste. Na árvore nº 106, a porção mais produtiva também foi o estrato mediano dentro do quadrante sudoeste, mas o quadrante com maior número de frutos foi o noroeste e o estrato foi o mediano.

Nas árvores nº 138 e 136, a porção mais produtiva foi o estrato apical (topo) dentro do quadrante sudoeste, o quadrante mais produtivo foi o sudoeste e o estrato com mais frutos o apical. Na árvore nº 44, a porção mais produtiva da copa foi o estrato basal do quadrante noroeste, sendo o quadrante noroeste o mais produtivo e o estrato mediano com mais frutos.

5.3.3 - Variância e eficiência da amostragem aleatória de ramos

A análise da variância e da eficiência amostral foi realizada separadamente para cada uma das árvores de *Caryocar brasiliense* selecionadas, pois o cálculo da eficiência relativa e a avaliação do método de amostragem são feitos por população amostrada. No caso da amostragem aleatória de ramos, a população estudada é uma única árvore.

a) Árvore nº 05 – parcela 4

Na árvore nº 05, a técnica de probabilidade proporcional ao diâmetro (PPD) foi mais eficiente do que a técnica de probabilidade uniforme (PU) de seleção de ramos para estimar o número de frutos somente nas intensidades amostrais de 7 e 8 caminhos. Isso pode ser visualizado na Tabela 5.7, na qual esses valores de eficiência relativa são 87,76 % e 77,27 %, respectivamente. Nas demais intensidades amostrais, a técnica de probabilidade uniforme foi tão ou mais eficiente para estimar o número de frutos, pois apresentou menor tempo para medição dos caminhos. Entretanto, é preciso destacar que o valor do coeficiente de variação (cv_{y1} e cv_{y2}) e do erro amostral relativo indicam baixa precisão para ambas técnicas, ou seja, os erros nas intensidades amostrais testadas são muito altos ($Er_1 = 99,92$ a $907,98$ %; $Er_2 = 61,45$ a $912,45$ %) (Tabela 5.7).

Tabela 5.7- Variáveis da amostragem aleatória de ramos realizada na árvore de *Caryocar brasiliense* Camb., nº 05, localizada na parcela 4.

Árvore nº 05 - $\tau y = 243$	Probabilidade Uniforme - PU																		
	m	r	$\tau \hat{y}Q_m$	$\tau \hat{y}Q$	Q_{mi}	Tempo (s)	Tempo acumulado (s)	$v(\tau \hat{y}Q)_1$	s^2y_1	sy_1	$s\bar{y}_1$	CVy_1	Ea_1	Er_1 (%)	t (95%)	G.L	IC ₁	ER (%)	
	1	6	256	~	0,0078	655,50	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
	2	7	1.538	897,0	0,0078	561,10	1.216,60	410.881,00	821.762,00	906,51	641,00	101,06	8.144,55	907,98	12,706	1	IC [$\bar{Y} = 897,0 \pm 8.144,55$] = P	91,71	
	3	8	1.282	1.025,3	0,0039	146,21	1.362,81	153.429,78	460.289,33	678,45	391,70	66,17	1.685,49	164,38	4,303	2	IC [$\bar{Y} = 1.025,3 \pm 1.685,49$] = P	134,00	
	4	4	48	781,0	0,0625	189,72	1.552,53	136.413,67	545.654,67	738,68	369,34	94,58	1.175,25	150,48	3,182	3	IC [$\bar{Y} = 781,0 \pm 1.175,25$] = P	164,51	
	5	2	4	625,6	0,2500	22,04	1.574,57	105.997,36	529.986,80	728,00	325,57	116,37	903,79	144,47	2,776	4	IC [$\bar{Y} = 625,6 \pm 903,79$] = P	134,06	
	6	2	4	522,0	0,2500	12,46	1.587,03	81.397,87	488.387,20	698,85	285,30	133,88	733,51	140,52	2,571	5	IC [$\bar{Y} = 522,0 \pm 733,51$] = P	113,40	
	7	6	96	461,1	0,0104	286,27	1.873,30	61.844,93	432.914,48	657,96	248,69	142,68	608,54	131,96	2,447	6	IC [$\bar{Y} = 461,1 \pm 608,54$] = P	87,76	
	8	4	48	409,5	0,0625	137,35	2.010,65	49.050,68	392.405,43	626,42	221,47	152,97	523,79	127,91	2,365	7	IC [$\bar{Y} = 409,5 \pm 523,79$] = P	77,27	
	9	6	938	468,2	0,0160	181,70	2.192,35	41.598,83	374.389,44	611,87	203,96	130,68	470,33	100,45	2,306	8	IC [$\bar{Y} = 468,2 \pm 470,33$] = P	91,27	
10	5	32	424,6	0,0310	77,94	2.270,29	35.181,96	351.819,60	593,14	187,57	139,69	424,28	99,92	2,262	9	IC [$\bar{Y} = 424,6 \pm 424,28$] = P	93,56		
Médias	5,0				179,42		119.532,90	488.623,22	693,32	319,40	119,79	1.629,95	218,67						
Probabilidade Proporcional ao diâmetro ao quadrado - PPD																			
m	r	$\tau \hat{y}Q_m$	$\tau \hat{y}Q$	Q_{mi}	Tempo (s)	Tempo acumulado (s)	$v(\tau \hat{y}Q)_2$	s^2y_2	sy_2	$s\bar{y}_2$	CVy_2	Ea_2	Er_2 (%)	t (95%)	G.L	IC ₂	ER (%)		
1	7	116	~	0,0086	1.011,31	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	
2	2	19	67,5	0,0540	98,40	1.109,71	2.352,25	4.704,50	68,59	48,50	101,61	616,24	912,95	12,706	1	IC [$\bar{Y} = 67,5 \pm 616,24$] = P			
3	7	119	84,7	0,0084	688,65	1.798,36	1.078,78	3.236,33	56,89	32,84	67,19	141,33	166,93	4,303	2	IC [$\bar{Y} = 84,7 \pm 141,33$] = P			
4	6	391	161,3	0,0230	635,40	2.433,76	6.404,40	25.617,58	160,05	80,03	99,26	254,65	157,92	3,182	3	IC [$\bar{Y} = 161,3 \pm 254,65$] = P			
5	5	106	150,2	0,0094	186,62	2.620,38	3.964,74	19.823,70	140,80	62,97	93,74	174,79	116,37	2,776	4	IC [$\bar{Y} = 150,2 \pm 174,79$] = P			
6	6	111	143,7	0,0180	106,29	2.726,67	2.685,84	16.115,07	126,95	51,83	88,36	133,24	92,74	2,571	5	IC [$\bar{Y} = 143,7 \pm 133,24$] = P			
7	6	227	155,6	0,0220	312,26	3.038,93	2.060,18	14.421,29	120,09	45,39	77,19	111,07	71,39	2,447	6	IC [$\bar{Y} = 155,6 \pm 111,07$] = P			
8	6	111	150,0	0,0180	135,64	3.174,57	1.576,18	12.609,43	112,29	39,70	74,86	93,89	62,60	2,365	7	IC [$\bar{Y} = 150,0 \pm 93,89$] = P			
9	4	60	140,0	0,0500	176,64	3.351,21	1.325,92	11.933,25	109,24	36,41	78,03	83,97	59,98	2,306	8	IC [$\bar{Y} = 140,0 \pm 83,97$] = P			
10	2	19	127,9	0,0540	103,12	3.454,33	1.207,14	12.071,43	109,87	34,74	85,90	78,59	61,45	2,262	9	IC [$\bar{Y} = 127,9 \pm 78,59$] = P			
Médias	5,1				271,45		2.517,27	13.392,51	111,64	48,05	85,13	187,53	189,15						

τy = número real de frutos; m = número de caminhos percorridos ou intensidade amostral; r = número de nós do caminho m ; $\tau \hat{y}Q_m$ = estimativa do número de frutos do caminho m ; $\tau \hat{y}Q$ = média do número de frutos para m caminhos; Q_{mi} = probabilidade incondicional de seleção do ramo i , caminho m ; $v(\tau \hat{y}Q)$ = estimativa da variância da média; s^2y = estimativa da variância; sy = estimativa do desvio padrão; $s\bar{y}$ = erro padrão da média em função da estimativa da variância; cv_y = estimativa do coeficiente de variação; Ea = erro de amostragem absoluto; Er = erro amostral relativo; t = valor tabelado de Student, considerando um nível de significância de 5 %; G.L = graus de liberdade; ER (%) = eficiência relativa; IC = intervalo de confiança; P = probabilidade = 95 %.

A maior eficiência da probabilidade proporcional ao diâmetro nas intensidades de 7 e 8 caminhos pode ser explicada pelos menores valores de coeficiente de variação em comparação à seleção de ramos pela probabilidade uniforme, mesmo o tempo acumulado de seus caminhos sendo maior. A técnica de probabilidade uniforme, na soma de dez caminhos amostrados, demandou um tempo total de 2.270,29 segundos (aproximadamente 38 minutos) (Tabela 5.7). A técnica de probabilidade proporcional ao diâmetro, para a mesma intensidade amostral, demandou 3.454,33 segundos (aproximadamente 57 minutos) (Tabela 5.7). A técnica que requer a medição dos diâmetros de cada ramo ao longo do caminho para somente depois atribuir sua probabilidade de seleção demorou, portanto, 1,5 vezes mais para percorrer dez caminhos nessa árvore. Além do maior tempo, os valores de erro amostral indicam que a técnica proporcional ao diâmetro não proporcionou erros muito menores do que a probabilidade uniforme, sendo ambas muito imprecisas para estimar o número de frutos dessa árvore. É possível observar, na Tabela 5.10, que há uma tendência do erro de amostragem decrescer à medida que aumenta a intensidade amostral, corroborando com observações feitas por Williams (1989).

Na árvore nº 05, os valores da variância paramétrica da média ($V[\tau\hat{y}Q]_1 = 3.503,17$ e $V[\tau\hat{y}Q]_2 = 970,75$) (Tabela 5.8) são menores dos que a estimativa da variância da média ($v(\tau\hat{y}Q)_1 = 35.181,96$ e $v(\tau\hat{y}Q)_2 = 1.207,14$), considerando a intensidade amostral de 10 caminhos (Tabela 5.7).

Tabela 5.8 - Valores paramétricos da variância da média, variância, desvio padrão, erro padrão e coeficiente de variação para as técnicas de probabilidade uniforme - PU e proporcional ao diâmetro - PPD, referentes à árvore nº 05 de *Caryocar brasiliense* Camb..

	$V[\tau\hat{y}Q]$	S^2y	Sy	$S_{\hat{y}}$	$CV_{\hat{y}}$
1) PU	3.503,17	220.699,84	469,79	59,19	193,33
2) PPD	970,75	61.157,49	247,30	31,16	101,77

$V[\tau\hat{y}Q]$ = variância paramétrica da média; S^2y = variância paramétrica; Sy = desvio padrão paramétrico; $S_{\hat{y}}$ = erro padrão em função da variância paramétrica; $CV_{\hat{y}}$ = coeficiente de variação paramétrico.

A variância ($S^2y_2 = 61.157,49$) e o desvio padrão paramétricos ($Sy_2 = 247,30$) apresentaram valores superiores às estimativas encontradas para a técnica de probabilidade proporcional ao diâmetro na intensidade amostral de dez caminhos, cujos valores foram 12.071,43 e 109,87, respectivamente (Tabela 5.7). Já o erro padrão em função da variância paramétrica ($S_{\hat{y}1} = 59,19$ e $S_{\hat{y}2} = 31,16$) e o coeficiente de variação paramétricos ($CV_{\hat{y}1} =$

193,33 e $CV_{y2} = 101,77$) apresentaram valores inferiores aos valores estimados, em ambas técnicas de probabilidade (Tabela 5.7). Enquanto o erro padrão paramétrico para a PU foi de 59,19, a sua estimativa dada por dez caminhos amostrais foi igual 187,57 (Tabela 5.7). No caso da PPD, o erro padrão paramétrico foi de 31,16 e sua estimativa foi igual a 34,74 (Tabela 5.7). Já a estimativa do coeficiente de variação da técnica PU (cv_{y1}) foi igual a 139,69 e da técnica PPD (cv_{y2}) foi igual a 85,90, para intensidade amostral de dez caminhos (Tabela 5.7). Essa diferença entre o parâmetro e o estimador, não só evidenciada nos valores da variância, mas também do desvio padrão, do erro padrão e do coeficiente de variação, pode indicar que o estimador da amostragem aleatória de ramos não fornece valores próximos dos valores populacionais dessas medidas.

Ao analisar apenas os valores da probabilidade uniforme na Tabela 5.7, observa-se que as estimativas ($\tau\hat{y}Q$), em todas as intensidades amostrais, foram superiores ao número real de frutos, sendo que a menor estimativa ($\tau\hat{y}Q_8 = 409,5$), dada pela intensidade amostral de oito caminhos, superestimou em 168,5 % o valor real de frutos da árvore nº 05.

Essas super-estimativas variaram de 168,5 a 421,9 %, indicando alta discrepância entre a estimativa e o número real de frutos. Nessa árvore, essas estimativas ocorreram em função de três caminhos longos - formados por mais seis a oito segmentos de ramos - indicados na Tabela 5.7 como os caminhos dois, três e nove da probabilidade uniforme. As respectivas super-estimativas ($\tau\hat{y}Q_2 = 1538$, $\tau\hat{y}Q_3 = 1282$ e $\tau\hat{y}Q_9 = 938$ frutos) ocorreram devido a dois fatores: a) caminho muito longo, promovendo a redução da probabilidade incondicional de seleção e o aumento da estimativa; b) elevado número de frutos no ramo final.

As super-estimativas geradas pela amostragem com probabilidade uniforme de seleção dos ramos foi compensada por sub-estimativas nos caminhos quatro ($\tau\hat{y}Q_4 = 48$), cinco ($\tau\hat{y}Q_5 = 4$), seis ($\tau\hat{y}Q_6 = 4$), sete ($\tau\hat{y}Q_7 = 96$), oito ($\tau\hat{y}Q_8 = 48$) e dez ($\tau\hat{y}Q_{10} = 32$). Entretanto, a média dos caminhos ($\tau\hat{y}Q$) em todas as intensidades amostrais se manteve alta (>400 frutos) em relação ao número real de frutos (igual a 243), ocasionando erros amostrais considerados altos (99,92 a 907,98 %).

Observando os dados da Tabela 5.7 para a probabilidade proporcional ao diâmetro, nota-se a menor variância dessas estimativas em relação aquelas fornecidas pela técnica de probabilidade uniforme, nas intensidades amostrais de cinco a dez caminhos.

É preciso destacar ainda a grande variabilidade das estimativas individuais dos caminhos ($\tau\hat{y}_{Qm}$), cujos valores ficaram entre 4 e 1.538 frutos, para a probabilidade uniforme. Para a probabilidade proporcional ao diâmetro, foi observada também alta variabilidade, no entanto, menor do que com as estimativas da probabilidade uniforme: os valores das estimativas de PPD oscilaram de 19 a 391 frutos (Tabela 5.7).

Ao comparar o coeficiente de variação (cv_y) das técnicas de probabilidade uniforme e proporcional ao diâmetro, verifica-se que os valores referentes à técnica proporcional ao diâmetro são, na maioria das intensidades amostrais, menores do que aqueles da probabilidade uniforme (Tabela 5.7). Mas mesmo assim, o coeficiente de variação apresenta valores muito altos ($> 67,19\%$).

A Figura 5.5 mostra as estimativas do número de frutos obtidas com a amostragem aleatória de ramos - probabilidade uniforme e proporcional ao diâmetro - por intensidade amostral, comparando-as com o número real de frutos. Pode-se observar que os valores encontrados com a amostragem aleatória de ramos pela probabilidade uniforme superestimaram o número de frutos dessa árvore. Já a amostragem feita pela probabilidade proporcional ao diâmetro ao quadrado dos ramos produziu estimativas inferiores ao número real apontado pelo censo, igual a 243 frutos.

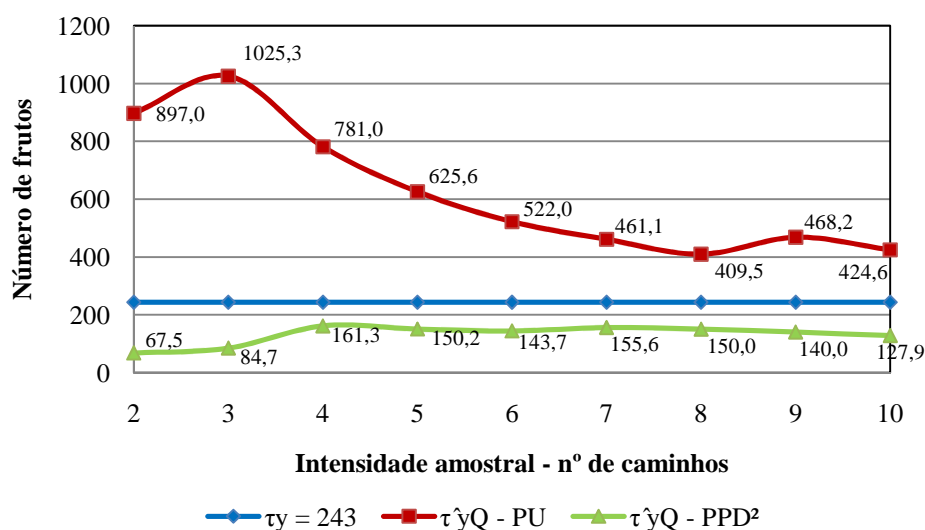


Figura 5.5 - Número real de frutos (τ_y) da árvore nº 05 (parcela 4) e média do número de frutos para m caminhos ($\tau\hat{y}_Q$), estimada pelas técnicas PU (probabilidade uniforme) e PPD² (probabilidade proporcional ao diâmetro).

b) Árvore nº 106 – parcela 5

Na mensuração da árvore nº 106, os valores encontrados para a eficiência relativa, nas diferentes intensidades amostrais testadas, variaram de 196,35 a 980,69 %. Esses valores indicam que, na amostragem dessa árvore, a técnica de probabilidade uniforme de seleção dos ramos foi mais eficiente do que a probabilidade proporcional ao diâmetro ao quadrado para estimar a produção de frutos de pequi. Deve-se ressaltar novamente que isso não indica boa precisão da estimativa, como pode ser atestado pelos altos valores de erro amostral da probabilidade uniforme ($115,44\% < Er_1 < 1.052,78\%$) e da probabilidade proporcional ao diâmetro ($44,65\% < Er_2 < 1.270,78\%$) (Tabela 5.9).

Tabela 5.9 - Resultado da amostragem aleatória de ramos realizada na árvore de *Caryocar brasiliense* Camb., nº 106, localizada na parcela 5.

Árvore nº 106 - $\tau y = 232$	Probabilidade Uniforme - PU																		
	m	r	$\tau \hat{y}Q_m$	$\tau \hat{y}Q$	Q_{mi}	Tempo (s)	Tempo acumulado (s)	$v(\tau \hat{y}Q)_1$	s^2y_1	sy_1	$s\bar{y}_1$	CVy_1	Ea_1	Er_1 (%)	$t(95\%)$	G.L	IC ₁	ER (%)	
	1	3	24	~	0,1250	88,00	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
	2	6	256	140,0	0,0078	202,52	290,52	13.456,00	26.912,00	164,05	116,00	117,18	1.473,90	1.052,78	12,706	1	IC [$\bar{Y} = 140,0 \pm 1.473,90$] = P	980,69	
	3	5	48	109,3	0,0210	131,16	421,68	5.425,78	16.277,33	127,58	73,66	116,69	316,96	289,90	4,303	2	IC [$\bar{Y} = 109,3 \pm 316,96$] = P	597,47	
	4	6	725	263,3	0,0069	163,32	585,00	26.403,23	105.612,92	324,98	162,49	123,45	517,05	196,41	3,182	3	IC [$\bar{Y} = 263,3 \pm 517,05$] = P	413,82	
	5	5	48	220,2	0,0210	114,05	699,05	17.695,24	88.476,20	297,45	133,02	135,08	369,27	167,70	2,776	4	IC [$\bar{Y} = 220,2 \pm 369,27$] = P	389,32	
	6	3	8	184,8	0,1250	29,38	728,43	13.047,63	78.285,77	279,80	114,23	151,38	293,68	158,89	2,571	5	IC [$\bar{Y} = 184,8 \pm 293,68$] = P	309,34	
	7	3	8	159,6	0,1250	21,57	750,00	9.957,90	69.705,29	264,02	99,79	165,45	244,18	153,03	2,447	6	IC [$\bar{Y} = 159,6 \pm 244,18$] = P	251,07	
	8	5	0	139,6	0,0140	48,01	798,01	7.866,28	62.930,27	250,86	88,69	179,67	209,76	150,23	2,365	7	IC [$\bar{Y} = 139,6 \pm 209,76$] = P	207,56	
9	6	300	157,4	0,0100	172,32	970,33	6.435,75	57.921,78	240,67	80,22	152,86	184,99	117,50	2,306	8	IC [$\bar{Y} = 157,4 \pm 184,99$] = P	204,82		
10	3	16	143,3	0,1250	76,54	1.046,87	5.348,67	53.486,68	231,27	73,13	161,39	165,43	115,44	2,262	9	IC [$\bar{Y} = 143,3 \pm 165,43$] = P	196,35		
Médias		4,5				104,69		11.737,39	62.178,69	242,30	104,58	144,79	419,47	266,87					
Probabilidade Proporcional ao diâmetro ao quadrado - PPD																			
m	r	$\tau \hat{y}Q_m$	$\tau \hat{y}Q$	Q_{mi}	Tempo (s)	Tempo acumulado (s)	$v(\tau \hat{y}Q)_2$	s^2y_2	sy_2	$s\bar{y}_2$	CVy_2	Ea_2	Er_2 (%)	$t(95\%)$	G.L	IC ₂	ER (%)		
1	7	0	~	0,0066	1.617,31	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	
2	6	333	166,5	0,0150	743,37	2.360,68	27.722,25	55.444,50	235,47	166,50	141,42	2.115,55	1.270,60	12,706	1	IC [$\bar{Y} = 166,5 \pm 2.115,55$] = P			
3	5	167	166,7	0,0300	582,20	2.942,88	9.240,78	27.722,33	166,50	96,13	99,90	413,64	248,19	4,303	2	IC [$\bar{Y} = 166,7 \pm 413,64$] = P			
4	7	296	199,0	0,0270	1.007,56	3.950,44	5.665,83	22.663,33	150,54	75,27	75,65	239,51	120,36	3,182	3	IC [$\bar{Y} = 199,0 \pm 239,51$] = P			
5	7	690	297,2	0,0058	328,02	4.278,46	13.042,74	65.213,70	255,37	114,20	85,93	317,03	106,67	2,776	4	IC [$\bar{Y} = 297,2 \pm 317,03$] = P			
6	7	296	297,0	0,0270	156,81	4.435,27	8.695,20	52.171,20	228,41	93,25	76,91	239,74	80,72	2,571	5	IC [$\bar{Y} = 297,0 \pm 239,74$] = P			
7	7	465	321,0	0,0086	153,16	4.588,43	6.786,86	47.508,00	217,96	82,38	67,90	201,59	62,80	2,447	6	IC [$\bar{Y} = 321,0 \pm 201,59$] = P			
8	6	333	322,5	0,0360	166,54	4.754,97	5.092,39	40.739,14	201,84	71,36	62,59	168,77	52,33	2,365	7	IC [$\bar{Y} = 322,5 \pm 168,77$] = P			
9	5	233	312,6	0,0300	212,76	4.967,73	4.059,64	36.536,78	191,15	63,72	61,16	146,93	47,01	2,306	8	IC [$\bar{Y} = 312,6 \pm 146,93$] = P			
10	6	167	298,0	0,0120	347,32	5.315,05	3.459,58	34.595,78	186,00	58,82	62,42	133,05	44,65	2,262	9	IC [$\bar{Y} = 298,0 \pm 133,05$] = P			
Médias		6,3				531,51		9.307,25	42.510,53	203,69	91,29	81,54	441,76	225,93					

τy = número real de frutos; m = número de caminhos percorridos ou intensidade amostral; r = número de nós do caminho m ; $\tau \hat{y}Q_m$ = estimativa do número de frutos do caminho m ; $\tau \hat{y}Q$ = média do número de frutos para m caminhos; Q_{mi} = probabilidade incondicional de seleção do ramo i , caminho m ; $v(\tau \hat{y}Q)$ = estimativa da variância da média; s^2y = estimativa da variância; sy = estimativa do desvio padrão; $s\bar{y}$ = erro padrão da média em função da estimativa da variância; cv_y = estimativa do coeficiente de variação; Ea = erro de amostragem absoluto; Er = erro amostral relativo; t = valor tabelado de Student, considerando um nível de significância de 5%; G.L = graus de liberdade; ER (%) = eficiência relativa; IC = intervalo de confiança; P = probabilidade = 95 %.

Os dados de eficiência relativa indicam que essa vantagem comparativa da probabilidade uniforme diminui à medida que aumenta a intensidade amostral, o que pode ser explicado pela redução do erro amostral (Er_2) da probabilidade proporcional ao diâmetro. Mas como o tempo de amostragem dessa técnica é muito maior do que a da probabilidade uniforme, a eficiência, ao considerar o tempo, favoreceu a técnica mais rápida. Caso a técnica proporcional ao diâmetro apresentasse um tempo de amostragem menor, a eficiência relativa poderia apontar a amostragem proporcional ao diâmetro como mais eficiente em função de produzir estimativas com erros amostrais menores, ainda que sejam considerados muito altos ($> 44,65\%$).

Nessa árvore, o tempo de amostragem da técnica de probabilidade proporcional ao diâmetro foi cinco a oito vezes maior do que a técnica de probabilidade uniforme, dependendo da intensidade amostral comparada. A técnica de probabilidade uniforme, na soma de dez caminhos amostrados, demandou um tempo total de 1.046,87 segundos (aproximadamente 17 minutos). Já a técnica de probabilidade proporcional ao diâmetro, para a mesma intensidade amostral, demandou 5.315,05 segundos (aproximadamente 1h e 30 minutos). Assim, o maior tempo demandado pela técnica que usa o tamanho do ramo como variável auxiliar da seleção aleatória ocasionou a perda de eficiência na amostragem, evidenciada pelo resultado da eficiência relativa (Tabela 5.9).

Apesar da alta variabilidade das estimativas pela probabilidade uniforme e pela probabilidade proporcional ao diâmetro, observa-se que as estimativas médias do número de frutos por intensidade amostral ($\tau \hat{y}_Q$) são valores semelhantes ao número real de frutos, em algumas intensidades amostrais (Tabela 5.9). Ou seja, mesmo que um caminho percorrido gere uma estimativa muito distante do valor real, como é o caso da estimativa do quarto caminho da probabilidade uniforme ($\tau \hat{y}_{Q_4} = 725$), a média das estimativas dos quatro caminhos ($\tau \hat{y}_Q = 263,3$) produz um valor estimado próximo ao valor real do número de frutos ($\tau y = 232$). Porém esse fato não foi observado em todas as intensidades amostrais e, mesmo produzindo estimativas próximas ao número real, o coeficiente de variação apresentou valores muito altos, indicando a grande variabilidade das estimativas (Tabela 5.9).

Com exceção do valor de coeficiente de variação para a intensidade amostral de dois caminhos, a técnica de probabilidade proporcional ao diâmetro apresentou menores coeficientes de variação (Tabela 5.9). Esse menor coeficiente de variação pode ser explicado pelo menor desvio padrão das estimativas produzidas pela probabilidade proporcional em torno da média para cada intensidade amostral.

A Figura 5.6 mostra que a maioria dos valores encontrados com a amostragem aleatória de ramos pela probabilidade uniforme subestima o número de frutos dessa árvore. Já a amostragem feita pela probabilidade proporcional ao diâmetro ao quadrado dos ramos produziu, em geral, estimativas superiores ao número real apontado pelo censo, igual a 232 frutos.

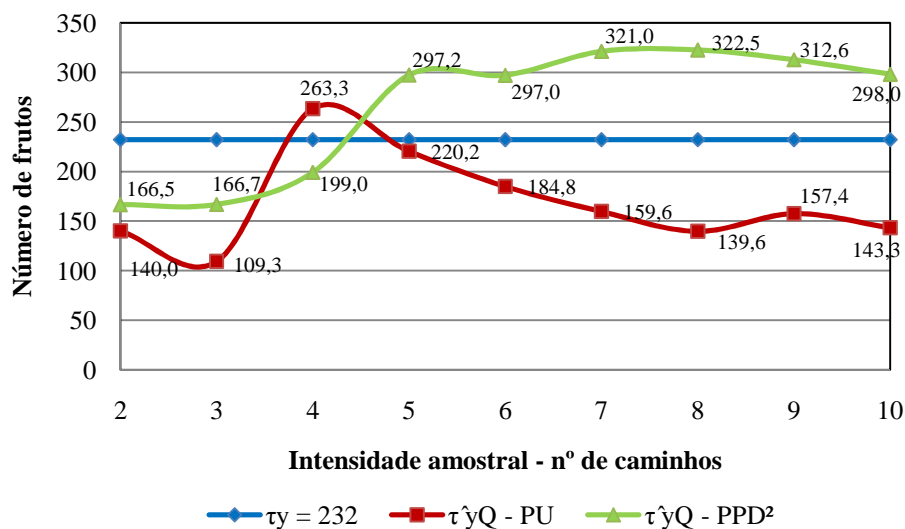


Figura 5.6 - Número real de frutos (τ_y) da árvore nº 106 (parcela 5) e média do número de frutos para m caminhos ($\tau\hat{y}Q$), estimada pelas técnicas PU (probabilidade uniforme) e PPD² (probabilidade proporcional ao diâmetro).

Um dos padrões observados nessa árvore, que também ocorreu nas demais amostradas, foi o maior número de nós (bifurcações) percorridos quando a amostragem foi realizada pela técnica de probabilidade proporcional ao diâmetro ao quadrado. A média do número de nós percorridos com a probabilidade proporcional foi igual a 6,3 e, para a probabilidade uniforme, igual a 4,5 nós (bifurcações de um ramo). Esse comportamento justifica-se pelo fato de que a técnica de probabilidade proporcional ao diâmetro reduz a possibilidade de sorteio de um segmento de ramo fino que cresce das gemas laterais dos ramos maiores, levando rapidamente a um ramo final.

c) Árvore nº 138 – parcela 2

Com exceção da intensidade amostral de dois caminhos, os valores de eficiência relativa indicam que a técnica de probabilidade uniforme foi mais eficiente do que a probabilidade proporcional ao diâmetro para estimar a produção de frutos nessa árvore. Os valores de eficiência relativa variaram de 85,58 %, para a intensidade amostral de dois caminhos, até 699,54 % para a intensidade amostral de nove caminhos.

A razão desse resultado está no maior tempo demandado para amostrar por meio da técnica de probabilidade proporcional ao diâmetro. Considerando a intensidade amostral de dez caminhos, o tempo de amostragem da probabilidade uniforme foi de 746,21 segundos (aproximadamente 12 minutos) e o tempo para a probabilidade proporcional foi 4,2 vezes maior, igual a 3.125,97 segundos (aproximadamente 52 minutos).

Entretanto, a eficiência relativa não é, necessariamente, um indicativo de que a estimativa alcançada com a amostragem é próxima do valor real do número de frutos. A estimativa pode ter apresentado um valor distante do valor real, mas quando se compara as duas técnicas o tempo de amostragem é outro fator considerado no cálculo da eficiência relativa.

Apesar da indicação de maior eficiência relativa da probabilidade uniforme, observa-se na Tabela 5.10 que o coeficiente de variação (cv_y) e o erro amostral (Er) da probabilidade proporcional ao diâmetro são inferiores àqueles obtidos com a amostragem pela probabilidade uniforme, na maioria das intensidades amostrais. Mas essas estimativas da probabilidade proporcional ao diâmetro ainda são muito discrepantes do valor real do número de frutos, além de também demandarem muito mais tempo de amostragem em relação à probabilidade uniforme.

Tabela 5.10 - Variáveis da amostragem aleatória de ramos realizada na árvore de *Caryocar brasiliense* Camb., nº 138, localizada na parcela 2.

Árvore nº 138 - $\tau y = 80$	Probabilidade Uniforme - PU										Probabilidade Proporcional ao diâmetro ao quadrado - PPD								
	m	r	$\tau \hat{y} Q_m$	$\tau \hat{y} Q$	Q_{mi}	Tempo (s)	Tempo acumulado (s)	$v(\tau \hat{y} Q)_1$	$s^2 y_1$	$s y_1$	$s \bar{y}_1$	$CV y_1$	$E a_1$	$E r_1$ (%)	t (95%)	G.L	IC_1	ER (%)	
	1	4	32	~	0,0625	36,15	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
	2	4	0	16,0	0,0625	199,29	235,44	256,00	512,00	22,63	16,00	141,42	203,30	1.270,60	12,706	1	IC [$\bar{Y} = 16,0 \pm 203,30$] = P	85,58	
	3	4	16	16,0	0,0625	100,24	335,68	85,33	256,00	16,00	9,24	100,00	39,75	248,43	4,303	2	IC [$\bar{Y} = 16,0 \pm 39,75$] = P	376,80	
	4	4	0	12,0	0,0625	42,35	378,03	58,67	234,67	15,32	7,66	127,66	24,37	203,10	3,182	3	IC [$\bar{Y} = 12,0 \pm 24,37$] = P	227,95	
	5	4	32	16,0	0,0625	33,30	411,33	51,20	256,00	16,00	7,16	100,00	19,86	124,15	2,776	4	IC [$\bar{Y} = 16,0 \pm 19,86$] = P	252,11	
	6	3	0	13,3	0,1250	32,55	443,88	41,24	247,47	15,73	6,42	117,98	16,51	123,84	2,571	5	IC [$\bar{Y} = 13,3 \pm 16,51$] = P	334,40	
	7	5	32	16,0	0,0310	52,31	496,19	36,57	256,00	16,00	6,05	100,00	14,80	92,49	2,447	6	IC [$\bar{Y} = 16,0 \pm 14,80$] = P	332,70	
	8	5	32	18,0	0,0310	39,28	535,47	31,43	251,43	15,86	5,61	88,09	13,26	73,66	2,365	7	IC [$\bar{Y} = 18,0 \pm 13,26$] = P	462,48	
9	4	32	19,6	0,0625	25,72	561,19	26,86	241,78	15,55	5,18	79,51	11,95	61,12	2,306	8	IC [$\bar{Y} = 19,6 \pm 11,95$] = P	699,54		
10	7	256	43,2	0,0078	185,02	746,21	580,55	5.805,51	76,19	24,09	176,37	54,50	126,16	2,262	9	IC [$\bar{Y} = 43,2 \pm 54,50$] = P	280,58		
Médias	4,4				74,62		129,76	895,65	23,25	9,71	114,56	44,26	258,17						
	m	r	$\tau \hat{y} Q_m$	$\tau \hat{y} Q$	Q_{mi}	Tempo (s)	Tempo acumulado (s)	$v(\tau \hat{y} Q)_2$	$s^2 y_2$	$s y_2$	$s \bar{y}_2$	$CV y_2$	$E a_2$	$E r_2$ (%)	t (95%)	G.L	IC_2	ER (%)	
	1	5	37	~	0,0540	586,47	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
	2	8	56	46,5	0,0180	399,73	986,20	90,25	180,50	13,44	9,50	28,89	120,71	259,58	12,706	1	IC [$\bar{Y} = 46,5 \pm 120,71$] = P		
	3	5	0	31,0	0,0140	390,67	1376,87	270,33	811,00	28,48	16,44	91,86	70,75	228,22	4,303	2	IC [$\bar{Y} = 31,0 \pm 70,75$] = P		
	4	4	61	38,5	0,0330	153,68	1530,55	191,42	765,67	27,67	13,84	71,87	44,02	114,35	3,182	3	IC [$\bar{Y} = 38,5 \pm 44,02$] = P		
	5	5	37	38,2	0,0540	121,86	1652,41	114,94	574,70	23,97	10,72	62,76	29,76	77,91	2,776	4	IC [$\bar{Y} = 38,2 \pm 29,76$] = P		
	6	8	0	31,8	0,0120	450,24	2102,65	117,16	702,97	26,51	10,82	83,29	27,83	87,42	2,571	5	IC [$\bar{Y} = 31,8 \pm 27,83$] = P		
	7	5	41	33,1	0,0490	135,10	2237,75	85,40	597,81	24,45	9,24	73,77	22,61	68,23	2,447	6	IC [$\bar{Y} = 33,1 \pm 22,61$] = P		
	8	5	0	29,0	0,0350	244,26	2482,01	81,21	649,71	25,49	9,01	87,89	21,31	73,49	2,365	7	IC [$\bar{Y} = 29,0 \pm 21,31$] = P		
	9	6	143	41,7	0,0140	417,22	2899,23	223,61	2.012,50	44,86	14,95	107,67	34,48	82,76	2,306	8	IC [$\bar{Y} = 41,7 \pm 34,48$] = P		
	10	6	0	37,5	0,0150	226,74	3125,97	196,25	1.962,50	44,30	14,01	118,13	31,69	84,50	2,262	9	IC [$\bar{Y} = 37,5 \pm 31,69$] = P		
	Médias	5,7				312,60		152,29	917,48	28,80	12,06	80,68	44,80	119,61					

τy = número real de frutos; m = número de caminhos percorridos ou intensidade amostral; r = número de nós do caminho m ; $\tau \hat{y} Q_m$ = estimativa do número de frutos do caminho m ; $\tau \hat{y} Q$ = média do número de frutos para m caminhos; Q_{mi} = probabilidade incondicional de seleção do ramo i , caminho m ; $v(\tau \hat{y} Q)$ = estimativa da variância da média; $s^2 y$ = estimativa da variância; $s y$ = estimativa do desvio padrão; $s \bar{y}$ = erro padrão da média em função da estimativa da variância; cv_y = estimativa do coeficiente de variação; $E a$ = erro de amostragem absoluto; $E r$ = erro amostral relativo; t = valor tabelado de Student, considerando um nível de significância de 5 %; G.L = graus de liberdade; ER (%) = eficiência relativa; IC = intervalo de confiança; P = probabilidade = 95 %.

Na Tabela 5.10, observa-se que ocorre a repetição de estimativas, como os caminhos um, cinco, sete, oito e nove ($\tau\hat{y}Q_1 = \tau\hat{y}Q_5 = \tau\hat{y}Q_7 = \tau\hat{y}Q_8 = \tau\hat{y}Q_9 = 32$ frutos), tornou o conjunto de dados mais homogêneo, reduzindo a variância da média. Mesmo que esses valores não representem bem o número real de frutos dessa árvore ($\tau y = 80$ frutos). O décimo caminho, cuja estimativa foi de 256 frutos, foi o caminho mais longo, sendo formado por sete nós e, conseqüentemente, apresentou a menor probabilidade incondicional de seleção ($Q_{mi} = 0,0078$). Desse modo, constata-se que, em geral, quanto maior o caminho percorrido, maior será a estimativa, com conseqüente aumento da variância e redução da precisão do estimador. Na Figura 5.7, essa superestimativa foi compensada pelos demais valores dos caminhos amostrados, demonstrada pela distribuição das estimativas por intensidade amostral em comparação com o valor real de frutos.

A ocorrência de ramos terminais sem frutos ($\tau\hat{y}Q_m = 0$) amostrados por meio das duas técnicas de atribuição de probabilidade, provocou a redução do valor das estimativas do número de frutos nas diferentes intensidades amostrais. E quando se observam ainda os erros amostrais (E_r) das duas técnicas testadas, verifica-se seus altos valores, que variaram de 61,12 % a 1.270,60 % para a probabilidade uniforme e de 68,23 % a 259,58 % para a probabilidade proporcional ao diâmetro (Tabela 5.10). Na Figura 5.7, verificou-se que, para essa árvore, todas as estimativas, tanto feitas pela probabilidade uniforme quanto pela probabilidade proporcional ao diâmetro, foram menores do que o valor real de frutos.

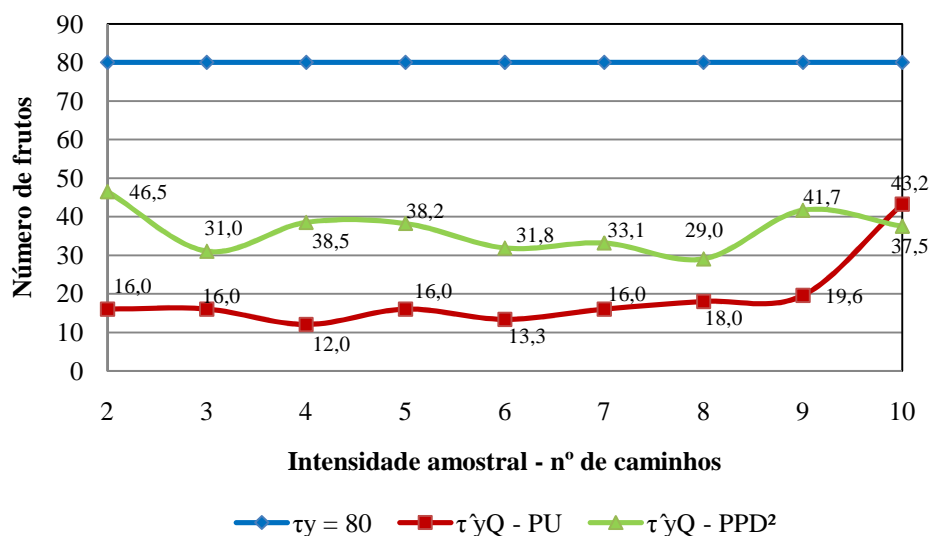


Figura 5.7 - Número real de frutos (τy) da árvore nº 138 (parcela 2) e média do número de frutos para m caminhos ($\tau\hat{y}Q$), estimada pelas técnicas PU (probabilidade uniforme) e PPD² (probabilidade proporcional ao diâmetro).

d) Árvore nº 136 – parcela 7

Na árvore nº 136, para as intensidades amostrais de dois e três caminhos, a técnica de probabilidade proporcional ao diâmetro foi mais eficiente do que a técnica de probabilidade uniforme para estimar o número de frutos. Enquanto que, para as demais intensidades amostrais (três a dez caminhos), os dados da Tabela 5.11 indicam que a probabilidade uniforme foi mais eficiente (eficiência relativa entre 142,37 e 355,68 %).

Analisando somente pelo erro amostral, a probabilidade proporcional não apresentou erros muito menores do que a probabilidade uniforme. Desse modo, a eficiência relativa indicou como mais eficiente a técnica de amostragem que demandou menos tempo, que foi a probabilidade uniforme. A técnica de probabilidade uniforme, na soma de dez caminhos amostrados, demandou um tempo total de 1.758,57 segundos (aproximadamente 29 minutos). A técnica de probabilidade proporcional ao diâmetro ao quadrado, para a mesma intensidade amostral, demandou 4.077,29 segundos (aproximadamente 1h e 8 minutos). A técnica que requer a medição dos diâmetros de cada ramo ao longo do caminho para somente depois atribuir sua probabilidade de seleção demorou, portanto, 2,3 vezes mais para percorrer dez caminhos nessa árvore.

Nessa árvore, o tempo maior da técnica de probabilidade proporcional ao diâmetro não foi compensado por erros amostrais menores, causando o resultado indicado pela eficiência relativa: para a maioria das intensidades amostrais, a probabilidade uniforme foi mais eficiente, pois demandou muito menos tempo para ser realizada. Entretanto, o valor do coeficiente de variação da probabilidade uniforme apresentou valores muito altos, entre 34,74 % e 152,90 % (Tabela 5.11).

É possível observar, na Tabela 5.11, que para a técnica de probabilidade uniforme, o erro amostral apresentou tendência de diminuir à medida que aumentou a intensidade amostral. Mas esse comportamento não foi claramente observado no caso do erro amostral da probabilidade proporcional ao diâmetro.

Tabela 5.11 - Variáveis da amostragem aleatória de ramos realizada na árvore de *Caryocar brasiliense* Camb., nº 136, localizada na parcela 7.

Árvore nº 136 - $\tau\gamma = 156$	Probabilidade Uniforme - PU																		
	<i>m</i>	<i>r</i>	$\tau\hat{\gamma}Q_m$	$\tau\hat{\gamma}Q$	<i>Q_{mi}</i>	Tempo (s)	Tempo acumulado (s)	$v(\tau\hat{\gamma}Q)_1$	s^2y_1	sy_1	$s\bar{y}_1$	CVy_1	<i>Ea₁</i>	<i>Er₁</i> (%)	<i>t</i> (95%)	G.L.	IC ₁	ER (%)	
	1	6	43	~	0,0230	503,90	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
	2	4	71	57,0	0,0280	250,22	754,12	196,00	392,00	19,80	14,00	34,74	177,88	312,08	12,706	1	IC [$\bar{Y} = 57,0 \pm 177,88$] = P	42,69	
	3	4	474	196,0	0,0190	97,91	852,03	19.386,33	58.159,00	241,16	139,23	123,04	599,13	305,68	4,303	2	IC [$\bar{Y} = 196,0 \pm 599,13$] = P	56,15	
	4	4	48	159,0	0,0420	56,49	908,52	11.062,17	44.248,67	210,35	105,18	132,30	334,67	210,49	3,182	3	IC [$\bar{Y} = 159,0 \pm 334,67$] = P	140,74	
	5	3	36	134,4	0,0550	147,63	1056,15	7.242,46	36.212,30	190,30	85,10	141,59	236,24	175,78	2,776	4	IC [$\bar{Y} = 134,4 \pm 236,24$] = P	137,20	
	6	4	95	127,8	0,0420	140,29	1196,44	4.871,43	29.228,57	170,96	69,80	133,74	179,44	140,37	2,571	5	IC [$\bar{Y} = 127,8 \pm 179,44$] = P	143,23	
	7	6	0	109,6	0,0140	235,17	1431,61	3.813,09	26.691,62	163,38	61,75	149,10	151,10	137,90	2,447	6	IC [$\bar{Y} = 109,6 \pm 151,10$] = P	208,75	
	8	3	36	100,4	0,0280	136,65	1568,26	2.944,39	23.555,13	153,48	54,26	152,90	128,33	127,85	2,365	7	IC [$\bar{Y} = 100,4 \pm 128,33$] = P	196,97	
	9	5	71	97,1	0,0140	122,10	1690,36	2.300,73	20.706,61	143,90	47,97	148,18	110,61	113,90	2,306	8	IC [$\bar{Y} = 97,1 \pm 110,61$] = P	204,00	
10	3	54	92,8	0,0370	68,21	1758,57	1.859,17	18.591,73	136,35	43,12	146,93	97,53	105,10	2,262	9	IC [$\bar{Y} = 92,8 \pm 97,53$] = P	209,35		
Médias	4,2				175,86		5.963,97	28.642,85	158,85	68,93	129,17	223,88	181,02						
Probabilidade Proporcional ao diâmetro ao quadrado - PPD																			
<i>m</i>	<i>r</i>	$\tau\hat{\gamma}Q_m$	$\tau\hat{\gamma}Q$	<i>Q_{mi}</i>	Tempo (s)	Tempo acumulado (s)	$v(\tau\hat{\gamma}Q)_2$	s^2y_2	sy_2	$s\bar{y}_2$	CVy_2	<i>Ea₂</i>	<i>Er₂</i> (%)	<i>t</i> (95%)	G.L.	IC ₂	ER (%)		
1	4	138	~	0,0650	589,26	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	
2	4	174	156,0	0,0230	95,96	685,22	324,00	648,00	25,46	18,00	16,32	228,71	146,61	12,706	1	IC [$\bar{Y} = 156,0 \pm 228,71$] = P			
3	3	38	116,7	0,0530	289,32	974,54	1.655,11	4.965,33	70,47	40,68	60,40	175,06	150,05	4,303	2	IC [$\bar{Y} = 116,7 \pm 175,06$] = P			
4	4	580	232,5	0,0069	673,14	1647,68	14.244,92	56.979,67	238,70	119,35	102,67	379,78	163,35	3,182	3	IC [$\bar{Y} = 232,5 \pm 379,78$] = P			
5	4	120	210,0	0,0250	377,42	2025,10	9.053,20	45.266,00	212,76	95,15	101,31	264,13	125,78	2,776	4	IC [$\bar{Y} = 210,0 \pm 264,13$] = P			
6	3	43	182,2	0,0470	40,22	2065,32	6.810,16	40.860,97	202,14	82,52	110,96	212,17	116,47	2,571	5	IC [$\bar{Y} = 182,2 \pm 212,17$] = P			
7	9	1471	366,3	0,0034	1067,94	3133,26	38.764,22	271.349,57	520,91	196,89	142,21	481,78	131,53	2,447	6	IC [$\bar{Y} = 366,3 \pm 481,78$] = P			
8	4	120	335,5	0,0250	100,20	3233,46	30.020,93	240.167,43	490,07	173,27	146,07	409,77	122,14	2,365	7	IC [$\bar{Y} = 335,5 \pm 409,77$] = P			
9	3	43	303,0	0,0470	70,02	3303,48	24.405,86	219.652,75	468,67	156,22	154,68	360,25	118,90	2,306	8	IC [$\bar{Y} = 303,0 \pm 360,25$] = P			
10	7	847	357,4	0,0059	773,81	4077,29	22.484,05	224.840,49	474,17	149,95	132,67	339,18	94,90	2,262	9	IC [$\bar{Y} = 357,4 \pm 339,18$] = P			
Médias	4,5				407,73		16.418,05	122.747,80	300,37	114,67	107,48	316,76	129,97						

$\tau\gamma$ = número real de frutos; *m* = número de caminhos percorridos ou intensidade amostral; *r* = número de nós do caminho *m*; $\tau\hat{\gamma}Q_m$ = estimativa do número de frutos do caminho *m*; $\tau\hat{\gamma}Q$ = média do número de frutos para *m* caminhos; *Q_{mi}* = probabilidade incondicional de seleção do ramo *i*, caminho *m*; $v(\tau\hat{\gamma}Q)$ = estimativa da variância da média; s^2y = estimativa da variância; sy = estimativa do desvio padrão; $s\bar{y}$ = erro padrão da média em função da estimativa da variância; cv_y = estimativa do coeficiente de variação; *Ea* = erro de amostragem absoluto; *Er* = erro amostral relativo; *t* = valor tabelado de Student, considerando um nível de significância de 5 %; G.L. = graus de liberdade; ER (%) = eficiência relativa; IC = intervalo de confiança; P = probabilidade = 95 %.

Percebe-se ainda que, nessa árvore, a probabilidade uniforme produziu estimativas menos discrepantes do valor real do número de frutos quando comparada à probabilidade proporcional ao diâmetro (Tabela 5.11). A técnica de probabilidade proporcional, com exceção das estimativas das intensidades amostrais de dois e três caminhos ($\tau\hat{y}_Q = 156,0$ e $\tau\hat{y}_Q = 116,7$ frutos), superestimou a produção real de 156 frutos.

Essas super-estimativas ocorreram nos caminhos quatro, sete e dez da probabilidade proporcional ao diâmetro. As respectivas super-estimativas ($\tau\hat{y}_{Q_4} = 580$, $\tau\hat{y}_{Q_7} = 847$ e $\tau\hat{y}_{Q_{10}} = 1.471$ frutos) ocorreram devido ao caminho muito longo (com sete e nove nós), que promove a redução da probabilidade incondicional de seleção. Quanto menor a probabilidade incondicional de seleção de um ramo, maior é a estimativa do número de frutos, principalmente quando o ramo final possui muitos frutos. Com base nesses dados, infere-se que a amostragem aleatória de ramos para estimar produção de frutos é suscetível à ocorrência de estimativas muito discrepantes que podem ou não ser compensadas à medida que se aumenta a intensidade amostral, sendo que o efeito negativo é o aumento da variância e do erro associado à estimativa.

Ao observar o erro amostral da técnica de probabilidade proporcional ao diâmetro, verifica-se que os valores são muito altos, como ocorreu nas demais árvores amostradas, variando de 94,90 a 163,35 %. E o mesmo comportamento foi observado para a técnica de probabilidade uniforme, com erros amostrais variando de 105,10 a 312,08 % (Tabela 5.11).

Na árvore nº 136, a Figura 5.8 indica que tanto a técnica de probabilidade uniforme, como a de probabilidade proporcional ao diâmetro, produziram estimativas próximas ao número real de frutos. Entretanto, é possível observar também significativa oscilação nas estimativas de ambas as técnicas. A Figura 5.8 ilustra graficamente os dados da Tabela 5.11, em que, na probabilidade proporcional ao diâmetro, ocorre uma superestimativa no caminho sete ($\tau\hat{y}_{Q_7} = 1.471$ frutos) que aumenta significativamente as médias das intensidades amostrais seguintes.

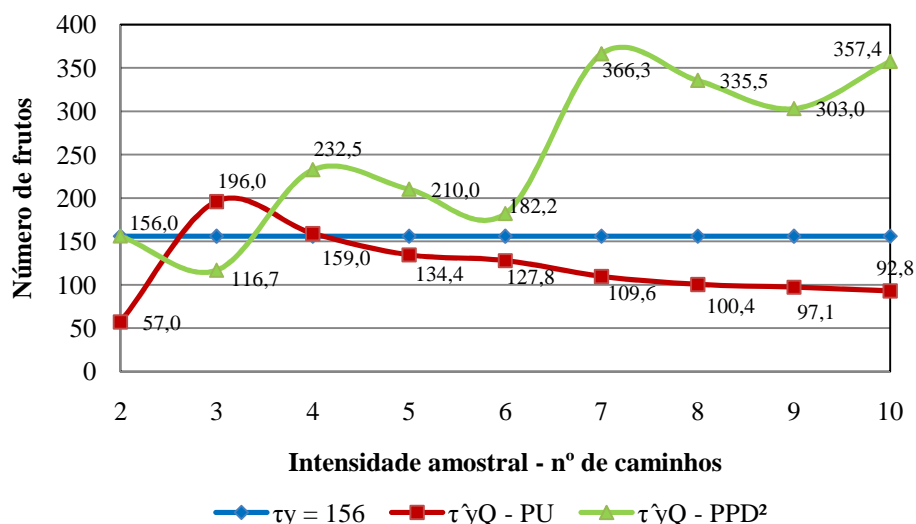


Figura 5.8 - Número real de frutos (τ_y) da árvore nº 136 (parcela 7) e média do número de frutos para m caminhos ($\hat{\tau}_{yQ}$), estimada pelas técnicas PU (probabilidade uniforme) e PPD² (probabilidade proporcional ao diâmetro).

e) Árvore nº 44 – parcela 9

Nessa árvore, para as intensidades amostrais de dois, três e quatro caminhos, a probabilidade proporcional ao diâmetro foi mais eficiente do que a probabilidade uniforme, enquanto que nas demais intensidades, a probabilidade uniforme foi mais eficiente. Os valores de eficiência relativa encontrados para as intensidades amostrais de dois a quatro caminhos foram, respectivamente: 38,93 %, 29,17 % e 71,71 %.

Esses valores são explicados pelo menor coeficiente de variação nessas intensidades amostrais, obtido com a seleção de ramos proporcional ao diâmetro em comparação com os coeficientes da probabilidade uniforme. Para ilustrar, os valores da Tabela 5.12 mostram que os coeficientes de variação da probabilidade uniforme foram de 109,99 %, 103,25 % e 112,22 %, para as intensidades amostrais de dois, três e quatro caminhos, nessa ordem. Já os coeficientes de variação da probabilidade proporcional ao diâmetro foram iguais a 20,76 %, 14,63 % e 35,84 %, na mesma ordem. Nos casos das intensidades amostrais restantes, de cinco a dez caminhos, a probabilidade uniforme foi mais eficiente, em virtude de apresentar coeficientes de variação semelhantes à probabilidade proporcional ao diâmetro, mas com menor tempo de amostragem.

Tabela 5.12 - Variáveis da amostragem aleatória de ramos realizada na árvore de *Caryocar brasiliense* Camb., n° 44, localizada na parcela 9.

Árvore n° 44 - $\tau y = 202$	Probabilidade Uniforme - PU																		
	<i>m</i>	<i>r</i>	$\tau \hat{y}Q_m$	$\tau \hat{y}Q$	<i>Q_{mi}</i>	Tempo (s)	Tempo acumulado (s)	$v(\tau \hat{y}Q)_1$	s^2y_1	<i>sy</i> ₁	$s\bar{y}_1$	<i>CVy</i> ₁	<i>Ea</i> ₁	<i>Er</i> ₁ (%)	t (95%)	G.L	IC ₁	ER (%)	
	1	5	192	~	0,0104	615,01	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
	2	4	24	108,0	0,0420	447,62	1062,63	7.056,00	14.112,00	118,79	84,00	109,99	1.067,30	988,24	12,706	1	IC [$\bar{Y} = 108,0 \pm 1.067,30$] = P	38,93	
	3	4	48	88,0	0,0625	361,10	1423,73	2.752,00	8.256,00	90,86	52,46	103,25	225,73	256,52	4,303	2	IC [$\bar{Y} = 88,0 \pm 225,73$] = P	29,17	
	4	4	24	72,0	0,0420	99,12	1522,85	1.632,00	6.528,00	80,80	40,40	112,22	128,55	178,54	3,182	3	IC [$\bar{Y} = 72,0 \pm 128,55$] = P	71,71	
	5	7	256	108,8	0,0078	287,64	1810,49	2.333,44	11.667,20	108,01	48,31	99,28	134,10	123,25	2,776	4	IC [$\bar{Y} = 108,8 \pm 134,10$] = P	217,02	
	6	5	0	90,7	0,0210	189,48	1999,97	1.884,44	11.306,67	106,33	43,41	117,28	111,61	123,10	2,571	5	IC [$\bar{Y} = 90,7 \pm 111,61$] = P	171,07	
	7	7	516	151,4	0,0078	257,60	2257,57	5.038,04	35.266,29	187,79	70,98	124,01	173,69	114,70	2,447	6	IC [$\bar{Y} = 151,4 \pm 173,69$] = P	189,42	
	8	7	0	132,5	0,0078	410,84	2668,41	4.136,82	33.094,57	181,92	64,32	137,30	152,11	114,80	2,365	7	IC [$\bar{Y} = 132,5 \pm 152,11$] = P	155,20	
	9	5	65	125,0	0,0310	225,10	2893,51	3.273,78	29.464,00	171,65	57,22	137,32	131,94	105,55	2,306	8	IC [$\bar{Y} = 125,0 \pm 131,94$] = P	159,60	
10	4	0	112,5	0,0210	129,64	3023,15	2.775,27	27.752,72	166,59	52,68	148,08	119,16	105,92	2,262	9	IC [$\bar{Y} = 112,5 \pm 119,16$] = P	140,37		
Médias	5,2				302,32		3.431,31	19.716,38	134,75	57,09	120,97	249,35	234,51						
	Probabilidade Proporcional ao diâmetro ao quadrado - PPD																		
<i>m</i>	<i>r</i>	$\tau \hat{y}Q_m$	$\tau \hat{y}Q$	<i>Q_{mi}</i>	Tempo (s)	Tempo acumulado (s)	$v(\tau \hat{y}Q)_2$	s^2y_2	<i>sy</i> ₂	$s\bar{y}_2$	<i>CVy</i> ₂	<i>Ea</i> ₂	<i>Er</i> ₂ (%)	t (95%)	G.L	IC ₂	ER (%)		
1	5	250	~	0,0400	1062,09	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	
2	6	186	218,0	0,0430	1129,80	2191,89	1.024,00	2.048,00	45,25	32,00	20,76	406,59	186,51	12,706	1	IC [$\bar{Y} = 218,0 \pm 406,59$] = P			
3	8	222	219,3	0,0045	739,50	2931,39	343,11	1.029,33	32,08	18,52	14,63	79,71	36,34	4,303	2	IC [$\bar{Y} = 219,3 \pm 79,71$] = P			
4	7	95	188,3	0,0420	488,02	3419,41	1.137,73	4.550,92	67,46	33,73	35,84	107,33	57,01	3,182	3	IC [$\bar{Y} = 188,3 \pm 107,33$] = P			
5	8	909	332,4	0,0055	538,68	3958,09	21.461,86	107.309,30	327,58	146,50	98,55	406,68	122,35	2,776	4	IC [$\bar{Y} = 332,4 \pm 406,68$] = P			
6	6	200	310,3	0,0430	221,24	4179,33	14.794,84	88.769,07	297,94	121,63	96,01	312,72	100,77	2,571	5	IC [$\bar{Y} = 310,3 \pm 312,72$] = P			
7	7	0	266,0	0,0167	583,16	4762,49	12.533,19	87.732,33	296,20	111,95	111,35	273,95	102,99	2,447	6	IC [$\bar{Y} = 266,0 \pm 273,95$] = P			
8	5	100	245,3	0,0100	210,13	4972,62	9.830,46	78.643,64	280,43	99,15	114,35	234,49	95,61	2,365	7	IC [$\bar{Y} = 245,3 \pm 234,49$] = P			
9	10	312	252,7	0,0032	1113,55	6086,17	7.700,92	69.308,25	263,26	87,75	104,19	202,36	80,09	2,306	8	IC [$\bar{Y} = 252,7 \pm 202,36$] = P			
10	7	346	262,0	0,0260	500,77	6586,94	6.247,84	62.478,44	249,96	79,04	95,40	178,80	68,24	2,262	9	IC [$\bar{Y} = 262,0 \pm 178,80$] = P			
Médias	6,9				658,69		8.341,55	55.763,25	206,69	81,14	76,79	244,74	94,43						

τy = número real de frutos; m = número de caminhos percorridos ou intensidade amostral; r = número de nós do caminho m ; $\tau \hat{y}Q_m$ = estimativa do número de frutos do caminho m ; $\tau \hat{y}Q$ = média do número de frutos para m caminhos; Q_{mi} = probabilidade incondicional de seleção do ramo i , caminho m ; $v(\tau \hat{y}Q)$ = estimativa da variância da média; s^2y = estimativa da variância; sy = estimativa do desvio padrão; $s\bar{y}$ = erro padrão da média em função da estimativa da variância; cv_y = estimativa do coeficiente de variação; Ea = erro de amostragem absoluto; Er = erro amostral relativo; t = valor tabelado de Student, considerando um nível de significância de 5%; G.L = graus de liberdade; ER (%) = eficiência relativa; IC = intervalo de confiança; P = probabilidade = 95 %.

Na Tabela 5.12, pode-se verificar que o tempo total de amostragem de dez caminhos com a probabilidade proporcional ao diâmetro ($T_{10} = 6.586,94$ segundos, ou aproximadamente 1h e 50 minutos) é praticamente o dobro do tempo necessário para amostrar a mesma intensidade amostral com a probabilidade uniforme ($T_{10} = 3.023,15$ segundos, ou aproximadamente 50 minutos).

Apesar da ocorrência de uma estimativa muito alta no caminho cinco ($\tau\hat{y}Q_5 = 909$ frutos) da probabilidade proporcional ao diâmetro ao quadrado, na Figura 5.9 nota-se que a média do número de frutos ($\tau\hat{y}Q$) gerada pela maioria das intensidades amostrais foi próxima ao valor real de frutos. No caso da probabilidade uniforme, todos os valores subestimaram a produção de frutos dessa árvore, o que pode ser justificado pela ocorrência de três caminhos com estimativa de zero frutos ($\tau\hat{y}Q_6 = \tau\hat{y}Q_8 = \tau\hat{y}Q_{10} = 0$ fruto) e outros com valores muito baixos ($\tau\hat{y}Q_2 = \tau\hat{y}Q_4 = 24$; $\tau\hat{y}Q_3 = 48$ frutos).

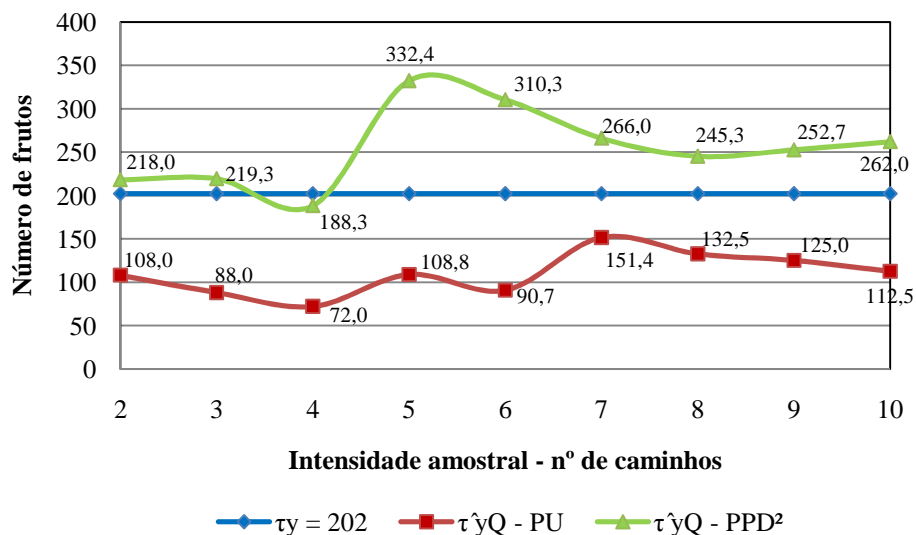


Figura 5.9 - Número real de frutos ($\tau\gamma$) da árvore nº 44 (parcela 9) e média do número de frutos para m caminhos ($\tau\hat{y}Q$), estimada pelas técnicas PU (probabilidade uniforme) e PPD² (probabilidade proporcional ao diâmetro).

O erro amostral da probabilidade proporcional ao diâmetro variou de 36,34 a 186,51 %. Já para a probabilidade uniforme, o erro amostral variou de 105,55 %, para a intensidade amostral de nove caminhos, até 988,24 % quando somente a média de dois caminhos foi considerada. É possível observar, na Tabela 5.12, que para a técnica de amostragem de probabilidade uniforme, houve uma discreta tendência de decréscimo do valor do erro amostral à medida que aumenta a intensidade amostral. Mas esse comportamento não foi

verificado para a técnica proporcional ao diâmetro (Tabela 5.12). Apesar de estimativas mais próximas do número real de frutos, a técnica de probabilidade proporcional produziu uma superestimativa do número de frutos na intensidade amostral de cinco caminhos ($\tau\hat{y}Q_5 = 909$ frutos), que provocou aumento na variância da média ($V[\tau\hat{y}Q]_5 = 21.461,86$) e no erro amostral ($Er = 122,35\%$).

5.3.4 - Tempo de aplicação da amostragem

O tempo gasto para realizar o censo da produção de frutos nas árvores de *Caryocar brasiliense* foi menor do que o tempo para estimar o número de frutos da árvore pela técnica de probabilidade proporcional ao diâmetro, com exceção da árvore nº 05 (Tabela 5.12). No caso da técnica de probabilidade uniforme, o tempo para amostrar na intensidade amostral de seis e dez caminhos foi menor do que o tempo para realizar o censo dos frutos. É importante salientar que os dados de tempo coletados nesse estudo foram obtidos com o trabalho de uma equipe de quatro a seis pessoas.

Tabela 5.13 - Tempo (segundos) para realizar a divisão da copa em quadrantes geográficos e estratos, para realizar o censo e para aplicação da amostragem aleatória de ramos por meio das duas técnicas de atribuir probabilidade à seleção dos ramos (probabilidade uniforme – PU e probabilidade proporcional ao diâmetro - PPD), considerando uma intensidade amostral de 6 caminhos (M=6) e de 10 caminhos (M=10).

Árvore (nº)	Parcela	Tempo de coleta de dados (s)					
		Divisão da copa	Censo	PU		PPD	
				M=6	M=10	M=6	M=10
5	4	876,85	4.260,27	1.587,03	2.270,29	2.726,67	3.454,33
106	5	720,00	2.499,75	728,43	1.046,87	4.435,27	5.315,05
138	2	722,00	2.295,11	443,88	746,21	2.102,65	3.125,97
136	7	701,00	3.611,48	1.431,61	1.758,57	2.065,32	4.077,29
44	9	380,00	3.623,00	1.999,97	3.023,15	4.179,33	6.586,94

Na árvore nº 05, a amostragem aleatória de ramos, tanto realizada pela técnica de probabilidade uniforme como pela proporcional ao diâmetro, demandou menos tempo do que o censo da produção dos frutos. A árvore nº 05, apesar de não ter sido a árvore com maior diâmetro da base, foi a que apresentou os maiores valores de altura total, altura e diâmetro da copa, área da copa e número de frutos (Tabela 5.4). Esse resultado mostra que o tamanho da árvore, mais especificamente o tamanho da copa, influencia na viabilidade da amostragem em relação à contagem total dos frutos.

As relações entre as variáveis dendrométricas e o tempo necessário para realizar a contagem dos frutos nas árvores sugerem que não há correlação positiva entre as variáveis testadas e o tempo gasto para realizar o censo, com exceção de uma tendência de aumento do tempo quanto maior é a produção de frutos da árvore (Figura 5.10f). A árvore nº 106, cuja produção foi de 232 frutos, apresentou menor tempo do censo na Figura 5.10f, pois o procedimento de contagem dos frutos foi realizado por dois grupos dentro da equipe de cinco pessoas (duas pessoas contaram um lado da copa e as demais contaram o outro lado). Essa mudança no padrão da contagem refletiu na comparação entre as árvores, evidenciada pelo gráfico, que indicou menor tempo de amostragem para contar os 232 frutos (Figura 5.10f).

Desse modo, pode-se inferir que o censo de árvores de pequeno porte torna-se viável e, nesses casos, mais vantajoso do que a amostragem aleatória de ramos. Esses dados revelam ainda que, para árvores de *Caryocar brasiliense* de grande porte e elevada produção de frutos, espera-se que a amostragem demande menos tempo do que o censo.

Outros aspectos importantes merecem ser mencionados em relação ao tempo gasto no censo, pois podem ter influenciado no resultado. Foi observado, durante a coleta de dados em campo, que o censo da produção demorou principalmente devido à necessidade de marcação dos frutos durante a contagem. Esse procedimento foi necessário para evitar que frutos que já haviam sido contados não fossem duplamente contabilizados.

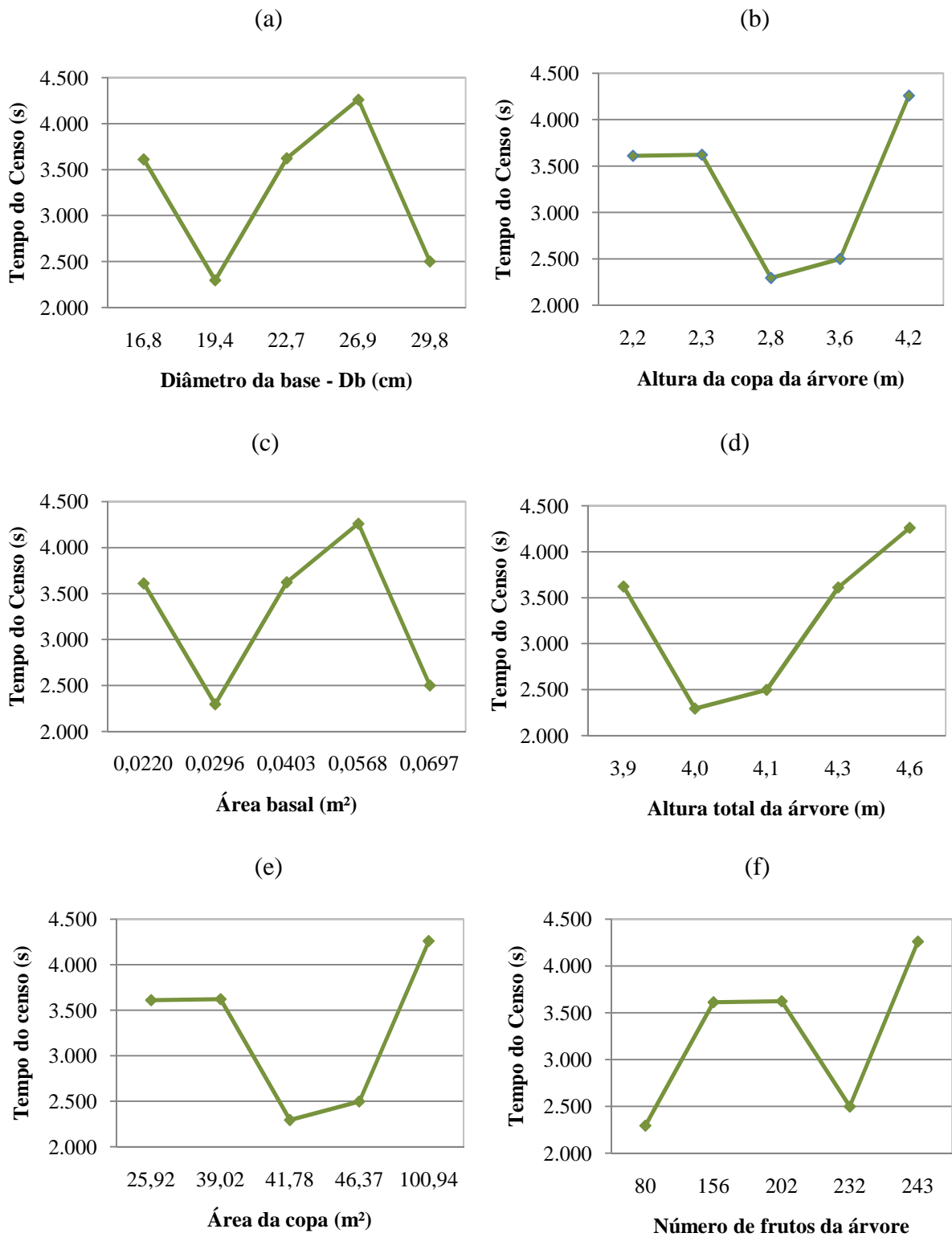


Figura 5.10 - Relação entre variáveis dendrométricas e o tempo para realizar o censo da produção de frutos de *Caryocar brasiliense* Camb. em uma área de cerrado *sensu stricto* na Fazenda Água Limpa, DF.

O fato do tempo de amostragem ter sido maior do que tempo do censo pode ser atribuído a alguns fatores externos e erros sistemáticos, como: a inexperiência da equipe de campo, a necessidade de identificação dos nós e ramos dos caminhos percorridos, a dificuldade no acesso aos ramos das árvores e a demora para medição do diâmetro dos ramos e cálculo da probabilidade de seleção, no caso da amostragem proporcional ao diâmetro.

Foi notado ainda que percorrer dez caminhos na árvore, ou seja, amostrar com uma intensidade de dez caminhos pode demandar, aproximadamente, tanto ou mesmo mais tempo do que para contar todos os frutos (Tabela 5.13). Considerando uma intensidade amostral de seis caminhos para a técnica de probabilidade proporcional ao diâmetro, a árvore nº 05 apresentou um tempo de 2.726,67 segundos. Esse tempo representa uma redução de 21 % no tempo de amostragem com dez caminhos e uma redução de 36 % em relação ao tempo gasto com o censo da produção de frutos.

No caso das árvores nº 106 e nº 44, nem a redução da intensidade amostral de dez para seis caminhos tornou a amostragem aleatória de ramos pela probabilidade proporcional mais rápida do que o censo dos frutos. Na árvore nº 138, observa-se que a redução do tempo pela diminuição da intensidade amostral não foi substancial, limitando-se a 8 % abaixo do tempo demandado pelo censo.

Para a árvore nº 136, a intensidade amostral de seis caminhos produziu um tempo 42 % menor do que o tempo de contar todos os frutos. Uma explicação para o maior tempo demandado pelas árvores nº 106 e nº 44 em comparação às demais está no maior número de nós dos caminhos amostrados.

Em geral, quanto maior o número de nós, maior será o número de segmentos de ramos a serem medidos e identificados e, desse modo, maior o tempo para percorrer o caminho. Destaca-se que, no caso da técnica de probabilidade proporcional ao diâmetro, o tempo é maior por causa do maior número de procedimentos em comparação à probabilidade uniforme, conforme descrito na metodologia. Na probabilidade uniforme, apenas identificam-se os nós (bifurcações) com etiquetas, assim como os segmentos de ramos, que são sorteados, e os frutos são contados no ramo terminal (Figura 5.10).



Figura 5.11 - Identificação dos nós e segmentos de ramos com etiquetas nas árvores de *Caryocar brasiliense* Camb.. O nó (bifurcação) está identificado pela letra “P” e os ramos que dele originam estão identificados pelos números 33 e 35, sendo que o ramo 34 não está visível na imagem.

O tempo de medição da probabilidade proporcional ao diâmetro requer os mesmos procedimentos da probabilidade uniforme, acrescidos do tempo de medir a variável auxiliar (diâmetro do segmento de ramo) e calcular a probabilidade de seleção por uma média ponderada (Figura 5.12). O sorteio é realizado após o cálculo da probabilidade de seleção de cada segmento de ramo naquele nó.



Figura 5.12 - Procedimento de medição do diâmetro dos segmentos de ramos nas árvores de *Caryocar brasiliense* Camb.. Os ramos de menor ordem (de maior diâmetro) foram medidos com suta (a) e os ramos de maior ordem (de menor diâmetro) foram medidos com paquímetro (b). Em (a), está o primeiro nó da árvore nº 44, identificado pela letra “A” e os seus respectivos ramos de 1ª ordem, ramos 1 e 2. Em (b), está um nó de 4ª ordem que bifurca em três ramos (33, 34 e 35), sendo o ramo 34 não visível na imagem.

Segundo Jessen (1955), a técnica de probabilidade proporcional que requer a medição do diâmetro do ramo, pode ser de difícil aplicação na prática dependendo do tamanho da árvore e do número de árvores a serem quantificadas.

Os dados do tempo de amostragem indicam que o tempo de medição de uma árvore é influenciado por diversos fatores, muitos deles em função da arquitetura e ramificação da copa. Entretanto, observou-se uma tendência da amostragem aleatória de ramos ser mais vantajosa, em termos de tempo, em árvores com copas maiores e maior número de frutos. Isso porque espera-se que, em árvores com copas de grandes dimensões e alta produção de frutos, o censo se torne um procedimento muito demorado.

Em relação ao tempo de amostragem, Good et al. (2001) afirmam que o interesse na amostragem aleatória de ramos está em estimar a biomassa de árvores de grande porte. Provavelmente pela mesma razão observada nesse estudo, onde árvores pequenas podem ter seus atributos mensurados em menor tempo e árvores muito grandes demandam muito tempo para serem completamente medidas.

O tempo é um dos aspectos a ser considerado na tomada de decisão sobre qual metodologia utilizar para estimar a produção de frutos de uma árvore, pois é preciso analisá-lo conjuntamente com a variância das estimativas geradas. A decisão de utilizar o método de amostragem ou o censo dependerá dos objetivos a serem alcançados com o estudo e da precisão requerida para atingir esse objetivo. No caso de uso econômico dos frutos, a necessidade de elaboração de Planos de Manejo demandaria uma estimativa com precisão suficiente para prever ao menos a viabilidade e o potencial produtivo da área de estudo.

Nesse contexto, a amostragem aleatória de ramos mostrou-se uma metodologia não tendenciosa e que pode gerar estimativas em menor tempo do que o censo. Contudo, como ilustrado nas Tabelas 5.7, 5.9, 5.10, 5.11 e 5.12 e nas análises referentes às árvores amostradas, a amostragem aleatória de ramos não produziu estimativas precisas, apresentando altos valores de coeficiente de variação e erro amostral. Desse modo, pode-se inferir que sua utilização para estimar a produção de frutos dessa espécie nativa não é recomendada por não produzir estimativas confiáveis.

5.3.5 - Mapeamento e análise da amostragem aleatória de ramos na árvore nº 05

O mapeamento mostrou que a árvore nº 05 possui copa formada por três sub-populações, representadas por três partes da copa, como detalhado na Figura 5.13. Verifica-se que a maior parte dos nós (ou bifurcações) pertence à 6ª ordem. A maior ordem que ocorreu nessa copa foi a 9ª, indicando a existência de caminhos longos nessa árvore, formados por 9 segmentos de ramos.

Ao considerar os caminhos que se iniciam no fuste, no nó “A”, e terminam em um ramo final com frutos, foram encontrados 63 caminhos na árvore nº 05 (Figura 5.13). Ressalta-se que o ramo final foi definido segundo dois critérios: a) ramos ao alcance do mensurador; b) ramos com diâmetro mínimo de 1 cm. Desse modo, na Figura 5.13, é possível contar 13 caminhos compondo a sub-população um, 21 caminhos na sub-população dois e 29 caminhos na sub-população três, totalizando os 63 caminhos possíveis. Na Figura 5.13, os caminhos possíveis são aqueles que terminam nos círculos da cor vermelha, que representam o número de frutos nos ramos finais, como detalhado na legenda. Além dos caminhos possíveis até o ramo final, foram identificados e contados os caminhos em cada ordem. Desse modo, com o auxílio da Figura 5.13, é possível visualizar, por exemplo, que existem apenas dois caminhos de 1ª ordem: o caminho que segue pelo ramo 1 e o caminho que segue pelo ramo 2 - ambos com origem no nó de 1ª ordem (A). De modo análogo, os caminhos de diferentes ordens foram identificados e quantificados (Tabela 5.14).

Tabela 5.14 - Mapeamento dos caminhos da árvore nº 05 de *Caryocar brasiliense* Camb..

Ordem do nó (bifurcação)	Nº de caminhos possíveis até o ramo final	Nº de caminhos por ordem
1ª	0	2
2ª	1	3
3ª	0	6
4ª	1	11
5ª	10	14
6ª	19	11
7ª	17	5
8ª	9	3
9ª	6	0
Soma	63	55

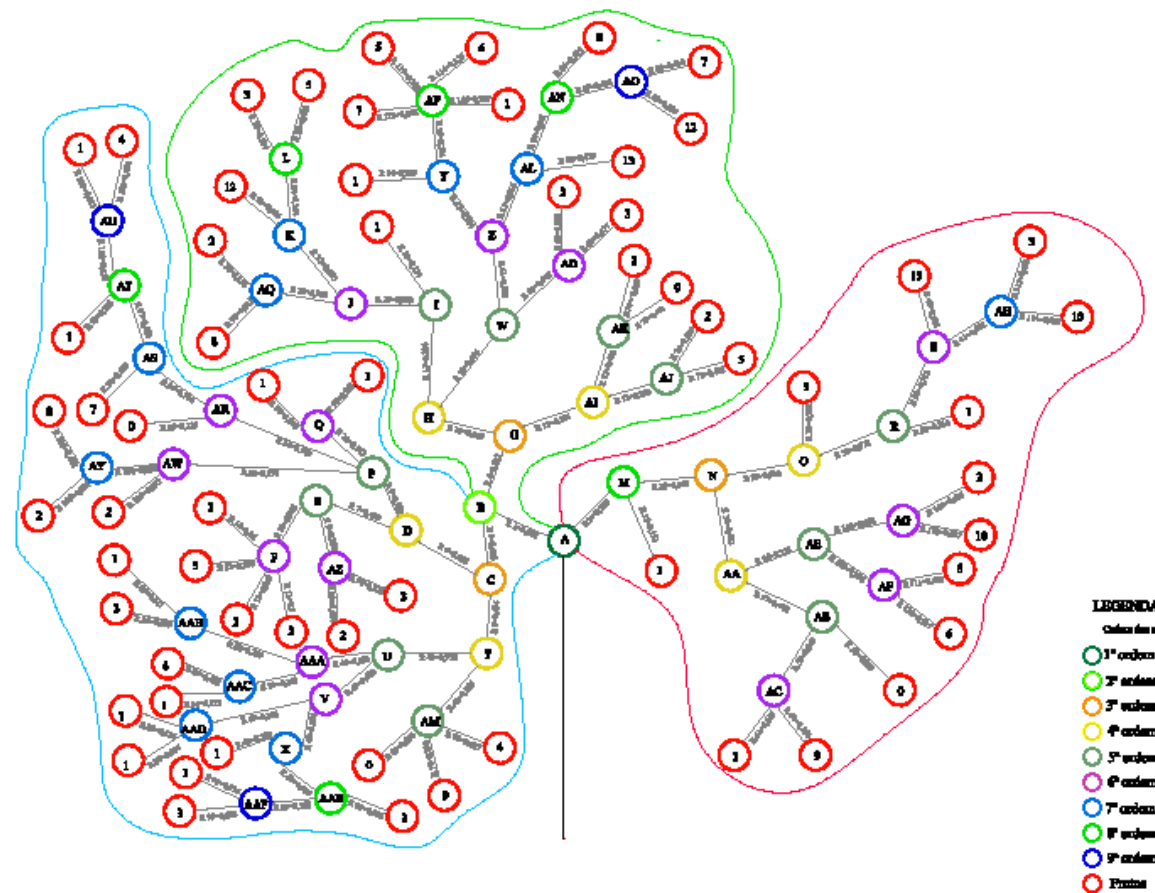


Figura 5.13 - Mapeamento da ramificação da copa da árvore nº 05 de *Caryocar brasiliense* Camb. amostrada no cerrado *sensu stricto* na Fazenda Água Limpa, DF. A nomenclatura R1-R118 representa os segmentos de ramos; os números que variam de 0 a 0,999 e acompanham a denominação do segmento representam a probabilidade incondicional de seleção dada pela técnica de probabilidade proporcional ao diâmetro do ramo.

As estimativas do número de frutos para a árvore nº 05, produzidas pelos caminhos possíveis até o ramo terminal, indicaram resultados distintos entre a técnica de probabilidade proporcional ao diâmetro e a probabilidade uniforme. Há maior variabilidade das estimativas em relação ao número real de frutos quando essas são oriundas da técnica de probabilidade uniforme de seleção dos ramos (Figura 5.14).

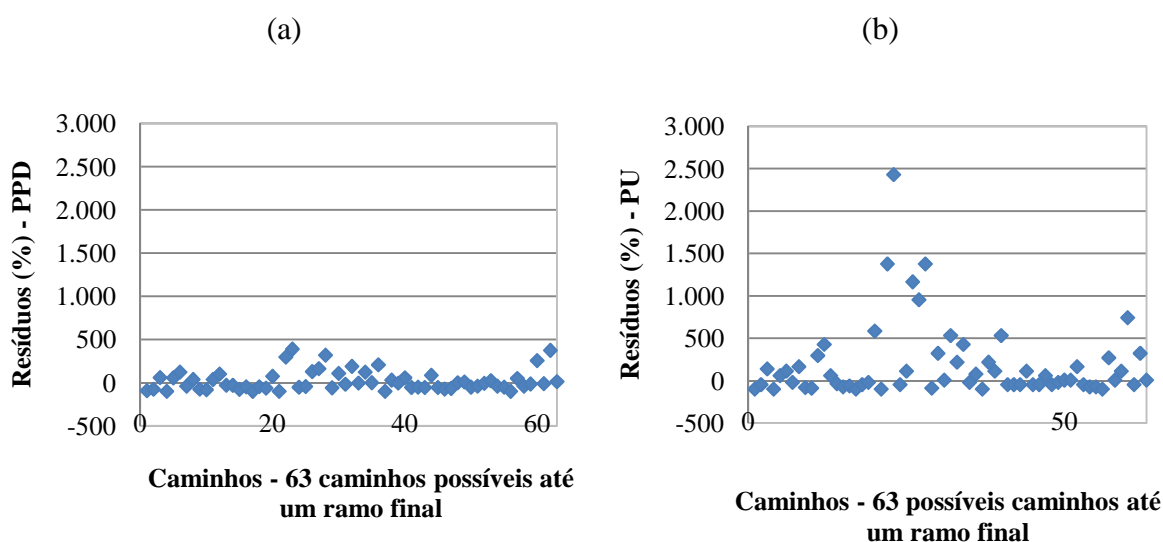


Figura 5.14 - Distribuição dos resíduos (%) das estimativas produzidas pelos 63 caminhos possíveis da árvore nº 05 pela amostragem aleatória de ramos por meio da técnica de probabilidade proporcional ao diâmetro - PPD (a) e da técnica de probabilidade uniforme - PU (b), em relação ao número real de frutos oriundos do censo.

O mapeamento dos caminhos permitiu ainda avaliar a relação entre a variável auxiliar (diâmetro do ramo ao quadrado - d^2), usada para atribuir a probabilidade de seleção dos ramos pela técnica de probabilidade proporcional, e o número de frutos nos ramos (Figura 5.15). Durante a aplicação da amostragem aleatória em campo, foi verificado que, nos ramos finais dos caminhos, nem sempre aqueles com maior diâmetro apresentavam o maior número de frutos. Entretanto, para as primeiras ramificações da copa, com os ramos oriundos de nós de 1ª a 3ª ordem, essa relação entre diâmetro e número de frutos foi verificada, como apontado por Gove et al. (2002) (Figura 5.16). Esses mesmos autores justificaram essa relação positiva entre diâmetro e número de frutos pelo fato de que ramos maiores suportam mais ramos subsequentes, logo uma maior sub-população de ramos e de frutos.

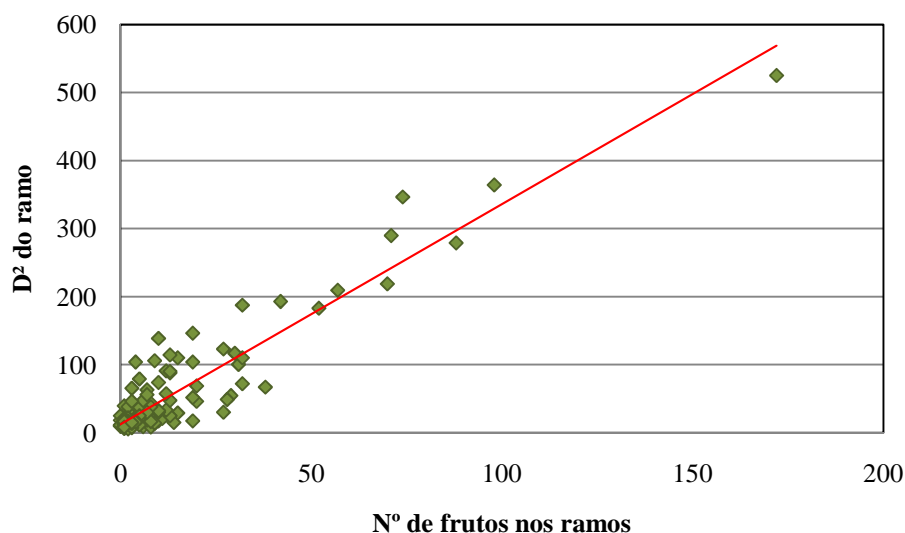


Figura 5.15 - Relação entre o diâmetro ao quadrado dos ramos e o número de frutos nos ramos da árvore nº 05 de *Caryocar brasiliense* Camb. amostrada no cerrado *sensu stricto* na Fazenda Água Limpa, DF.

Com a estratificação dos dados, é possível indicar até qual ordem de nós há uma forte relação entre o diâmetro ao quadrado do ramo e o número de frutos que ele possui. É importante saber se essa relação existe, pois segundo Cancino (2005), a seleção do ramo com probabilidade proporcional ao tamanho da variável auxiliar está estreitamente relacionada com a precisão do estimador.

Na Figura 5.16, verifica-se que a relação entre diâmetro ao quadrado do ramo e o número de frutos é tanto mais positiva quanto menor é a ordem do ramo amostrado. Entretanto, para que essa avaliação fosse mais consistente, de modo a apontar um padrão na ramificação e frutificação de *Caryocar brasiliense* seria recomendado realizar testes em mais árvores.

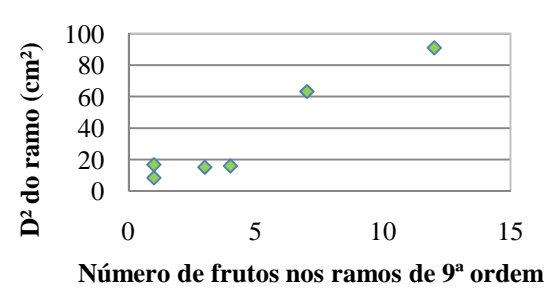
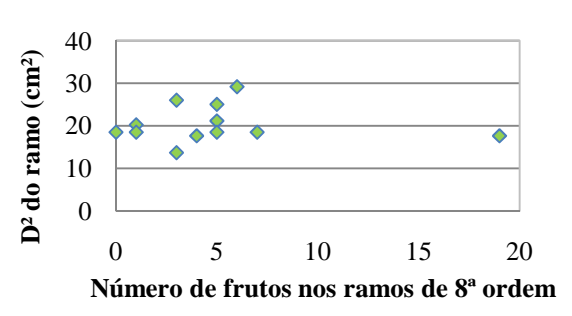
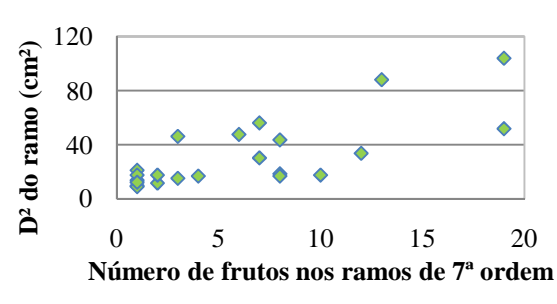
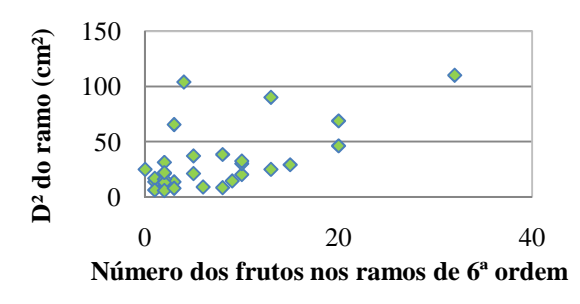
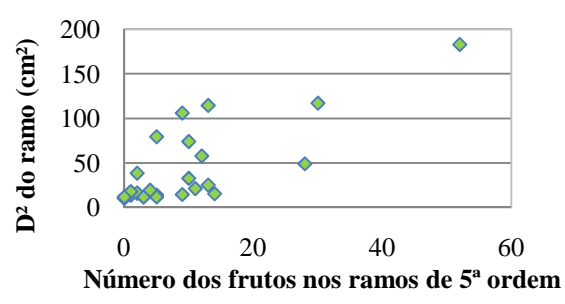
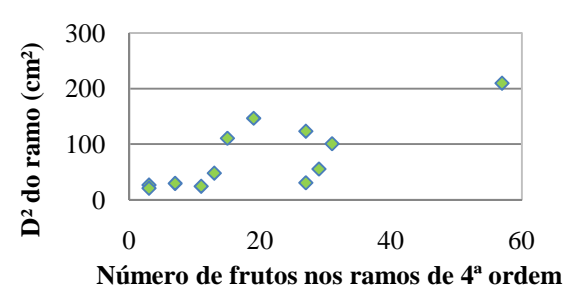
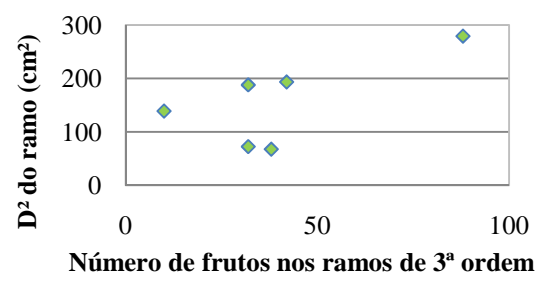
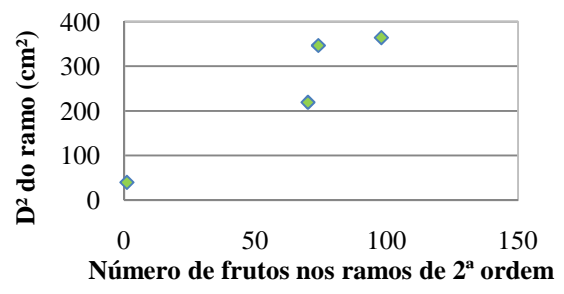
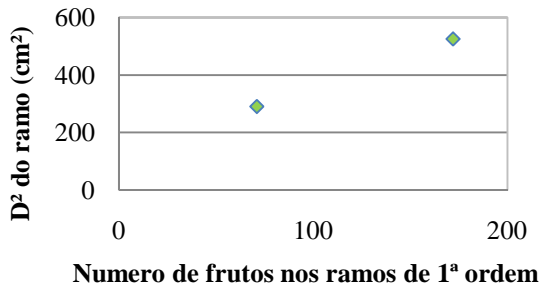


Figura 5.16 - Relação entre o diâmetro ao quadrado (D^2) dos ramos de diferentes ordens (1ª a 9ª ordem) e o número de frutos.

Na Figura 5.17 e na Tabela 5.15, é mostrada a soma dos resíduos (%) associados às estimativas dos caminhos de acordo com a ordem do ramo final selecionado para contagem dos frutos e estimativa da produção de frutos. É evidenciado que a técnica de probabilidade uniforme tende a produzir estimativas mais discrepantes em relação ao número real de frutos quando comparada às estimativas da probabilidade proporcional ao diâmetro.

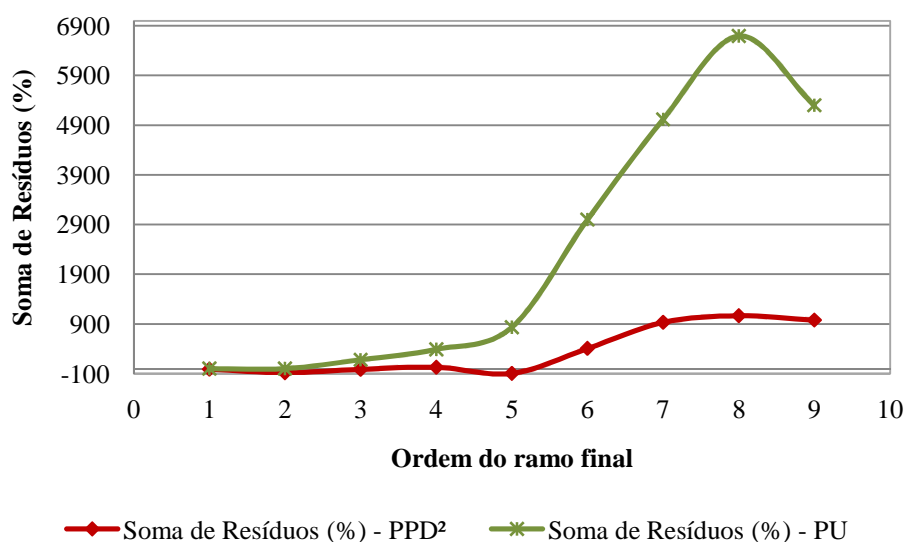


Figura 5.17 - Somatório de resíduos (%) associados às estimativas do número de frutos dos ramos da árvore nº 05 de *Caryocar brasiliense* Camb., de acordo com a ordem do ramo selecionado como ramo final, tanto para a probabilidade proporcional ao diâmetro (PPD²) quanto para a probabilidade uniforme (PU).

Tabela 5.15 - Somatório de resíduos (%) associados às estimativas do número de frutos dos ramos da árvore nº 05 de *Caryocar brasiliense* Camb., de acordo com a ordem do ramo selecionado como ramo final, tanto para a probabilidade proporcional ao diâmetro (PPD) quanto para a probabilidade uniforme (PU).

Ordem do ramo final	Soma de Resíduos (%) - PPD ²	Soma de Resíduos (%) - PU
1 ^a	-8,02	0
2 ^a	-77,71	0
3 ^a	-12,68	179,23
4 ^a	30,44	387,59
5 ^a	-93,93	832,92
6 ^a	406,92	2.999,59
7 ^a	933,93	5.016,46
8 ^a	1.067,07	6.695,88
9 ^a	979,30	5.299,59
Total	3.225,34	21.411,26

Foi observado que quanto maior a ordem do ramo amostrado, maior é o resíduo (%) associado à sua estimativa, exceto para a 9ª ordem (Tabela 5.15). Ademais, a maior variância das estimativas associadas à amostragem de caminhos muito longos é citada por vários autores. Esses autores indicam ainda que copas com tamanhos de caminho muito diferentes, ou seja, copas irregulares produzem estimativas menos precisas (CANCINO & SABOROWSKI, 2007; JESSEN, 1955). Nesse sentido, é importante destacar que a espécie amostrada no presente estudo, *Caryocar brasiliense*, é uma espécie nativa, não domesticada como as cultivares de frutíferas comerciais amostradas nos estudos de Jessen (1955) e Triboni e Barbosa (2004). As copas das árvores amostradas são bastante irregulares, com muitas ramificações de tamanhos variados. Por essa razão, é esperado que a distribuição dos frutos na copa seja muito variável também, contribuindo para a imprecisão das estimativas geradas pela amostragem aleatória de ramos do presente estudo.

5.3.6 - Avaliação da amostragem aleatória de ramos

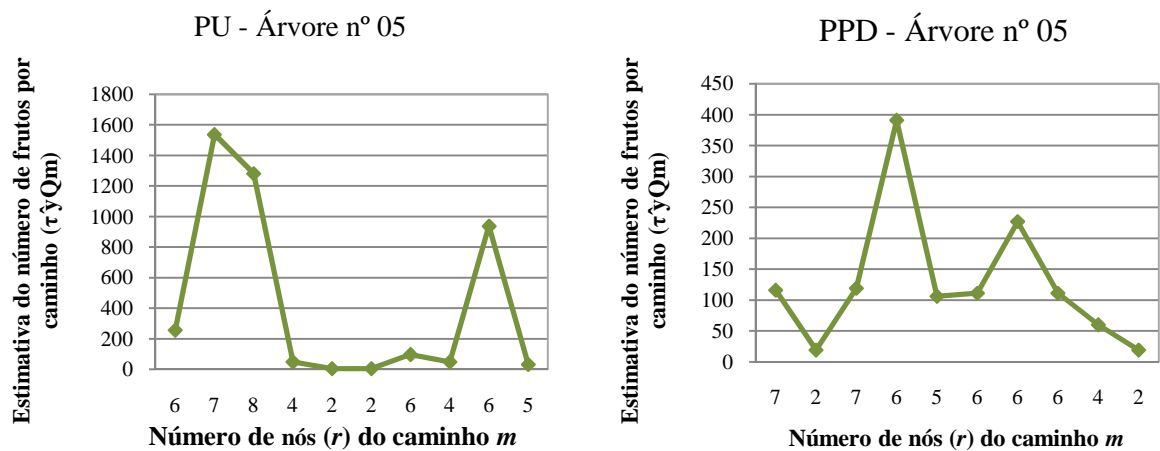
Durante a aplicação da amostragem aleatória de ramos nos indivíduos de *Caryocar brasiliense*, a seleção dos ramos terminais (ou finais) foi feita considerando os segmentos terminais repetidos para compor a estimativa do número de frutos da árvore, ao contrário do recomendado por Jessen (1955). O autor afirma, em seu trabalho, que, ao percorrer um caminho, a seleção de um ramo repetido deve ser descartada e o procedimento repetido novamente até que um ramo ainda não amostrado seja selecionado. Apesar da recomendação de Jessen (1955), Evans & Gregoire (2007) citam que os caminhos podem se repetir parcial ou totalmente.

Observou-se que a decisão de considerar ramos terminais repetidos para compor a estimativa ($\tau\hat{y}Q$) dos caminhos amostrados reduziu o tempo de amostragem total e influenciou na variância de algumas estimativas, tornando-a menor devido à maior homogeneidade dos dados. Entretanto, a repetição de estimativas ocasionou prejuízos, pois a repetição dos valores acentuou a discrepância entre a estimativa (considerando a intensidade amostral de dez caminhos) e o número real de frutos (Tabela 5.10). Quando se consideram caminhos repetidos, o tempo é reduzido, pois se os caminhos repetidos fossem reamostrados, seria necessário mais tempo para atingir determinada intensidade amostral.

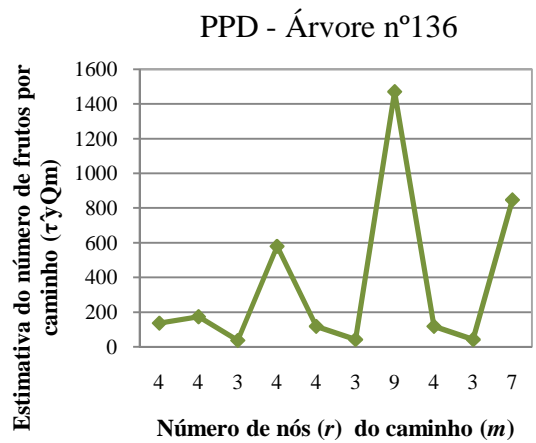
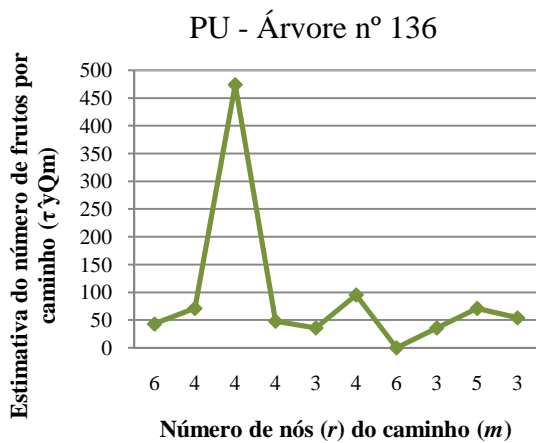
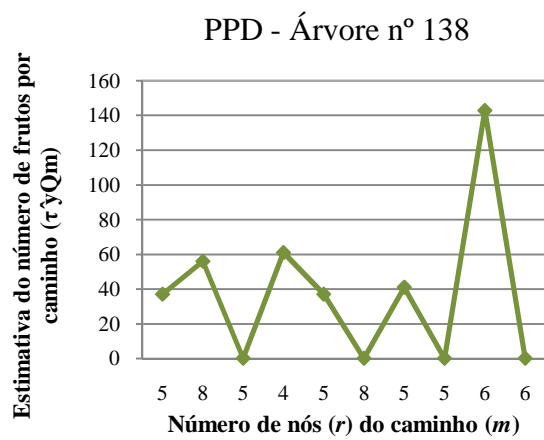
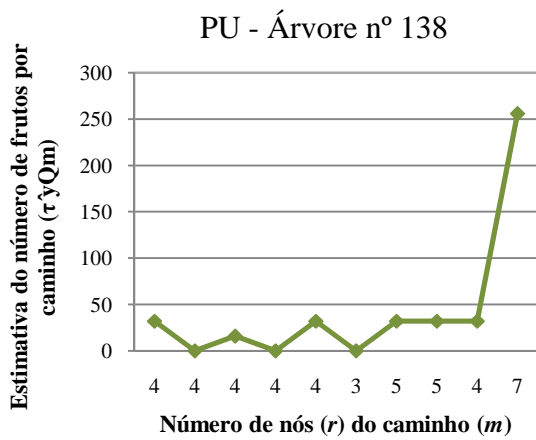
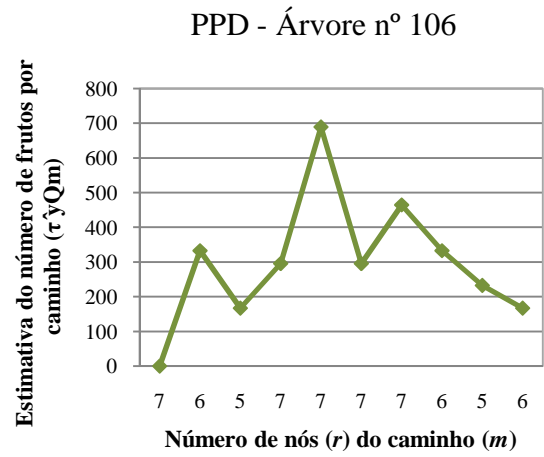
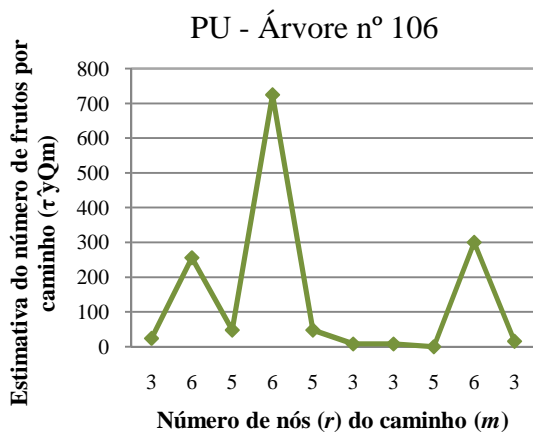
E, além disso, amostrar caminhos repetidos demandaram menos tempo, pois já estavam identificados, ou seja, os nós e ramos estavam etiquetados e medidos.

Em algumas árvores, no presente estudo, ramos terminais sem frutos foram selecionados várias vezes, o que implicou na ocorrência de estimativas de frutos ($\tau \hat{y}_{Qm}$) da árvore igual a zero (Tabela 5.10). No entanto, esse valor é considerado irreal já que todos os pequizeiros amostrados estavam frutificando. Esses valores deslocam a média dos caminhos para valores muito pequenos em relação ao parâmetro da população (número de frutos) (Tabela 5.10).

Outro padrão observado foi a presença de superestimativas em caminhos longos. Em geral, verificou-se que quanto maiores foram os caminhos amostrados, ou seja, quanto maior o número de segmentos (e nós) percorridos, menor foi a probabilidade incondicional de seleção e, conseqüentemente, maior a estimativa (Figura 5.18). Esse padrão foi mencionado como uma desvantagem da amostragem aleatória de ramos, devido ao aumento que provoca na variância da estimativa do número de frutos das árvores amostradas. Nesse contexto, Cancino & Saborowski (2007) citam dois procedimentos para reduzir a variância das estimativas pela amostragem aleatória de ramos, como a exclusão de segmentos e a estratificação da copa com o objetivo de diminuir o tamanho dos caminhos. Porém no presente estudo, esses procedimentos não foram testados para avaliar seu efeito sobre a variância das estimativas.



continua



continua

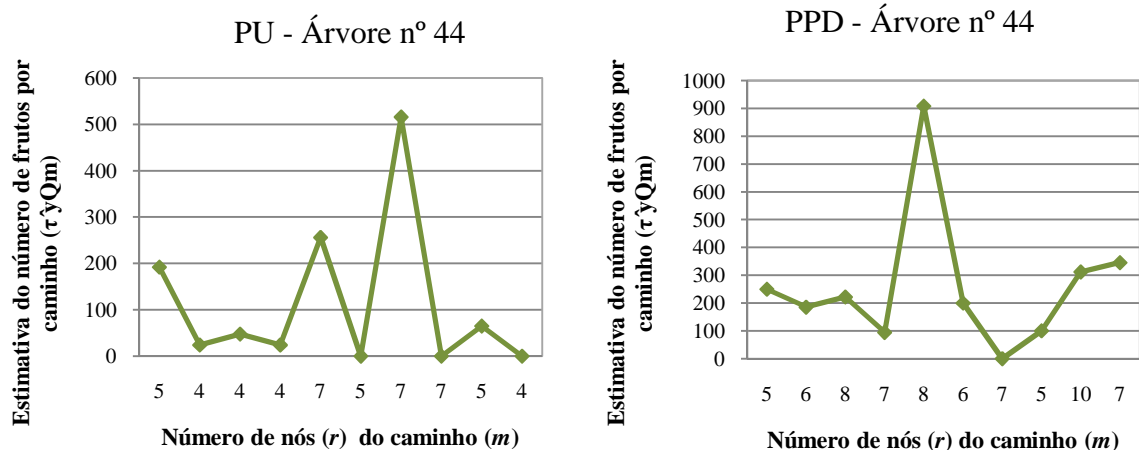


Figura 5.18 - Relação entre o número de nós (r) percorridos no caminho (m) e a estimativa obtida do número de frutos ($\tau \hat{y} Q_m$) das árvores de *Caryocar brasiliense* Camb., por meio da seleção com a probabilidade uniforme (PU) e da probabilidade proporcional ao diâmetro (PPD).

Durante a aplicação da amostragem aleatória de ramos nas árvores de *Caryocar brasiliense* foi observado que, nessas árvores, a copa apresenta ramificação modular, com maioria dos nós se dividindo em dois ramos. Apesar da predominância de nós com dois ramos, ocorreram também nós com três e quatro ramos (Figura 5.18).

A produção de frutos na área de estudo não foi alta no período amostrado (novembro de 2008), o que prejudicou a aplicação da amostragem aleatória de ramos em árvores com grande número de frutos. As árvores selecionadas apresentavam sinais de frutos abortados e ramos terminais produtivos com cicatrizes de frutos que não se desenvolveram (Figura 5.19).



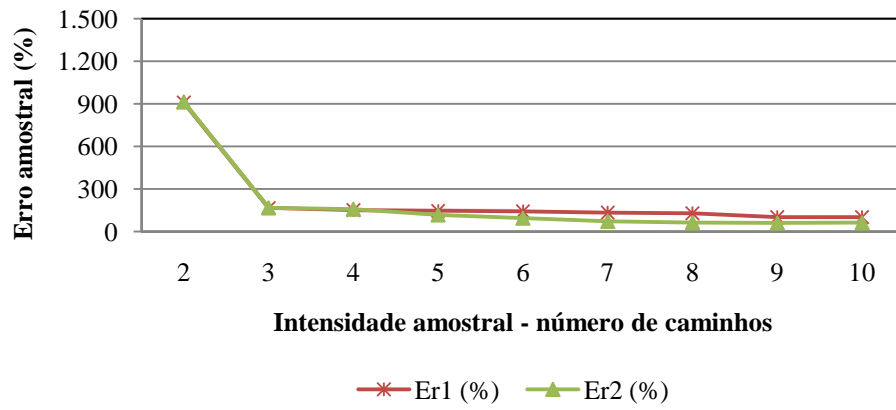
Figura 5.19 - Frutificação da árvore nº 44 de *Caryocar brasiliense* Camb., com destaque para (a) as cicatrizes nos ramos finais e (b) nos frutos não desenvolvidos, ilustrando a pequena produção de frutos na área de cerrado *sensu stricto* objeto do estudo.

Foi constatado ainda que, nas árvores amostradas, os maiores ramos não foram necessariamente aqueles que apresentaram o maior número de frutos, como era esperado. Desse modo, a eficiência da técnica de probabilidade proporcional ao diâmetro ao quadrado pode ter sido reduzida, visto que seu objetivo é proporcionar maior chance ao sorteio dos ramos maiores para produzir uma estimativa mais precisa do número real de frutos. Nesse sentido, Cancino & Saborowski (2007) destacam que a definição da variável auxiliar afeta a distribuição das amostras dentro da copa, visto que o cálculo da probabilidade de seleção do ramo é feita com base nessa variável. Nesse estudo, a variável auxiliar usada, o diâmetro ao quadrado do ramo, pode não ter sido a variável mais adequada para fornecer estimativas precisas da produção de frutos das árvores de *Caryocar brasiliense*.

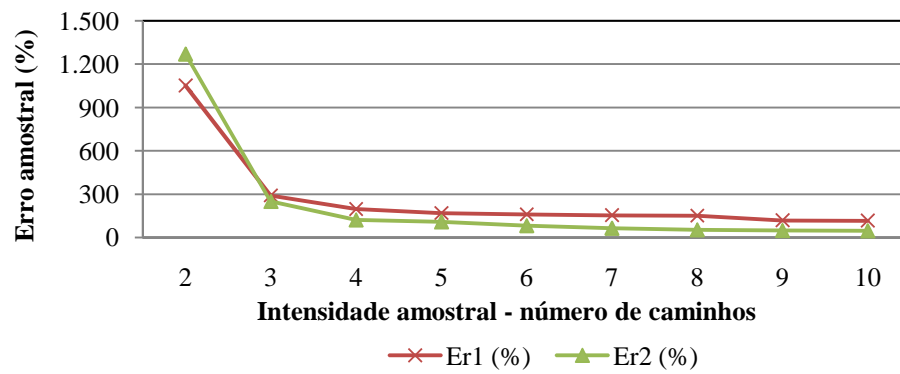
Ao analisar as árvores, observa-se ainda que os erros amostrais produzidos pelas estimativas da amostragem aleatória de ramos foram muito altos (Figura 5.20). Na Figura 5.20, nota-se que o erro amostral (%), em algumas árvores, diminui à medida que aumenta a intensidade amostral. Ou seja, quanto mais caminhos são amostrados, menor é o erro da estimativa produzida pela amostragem aleatória de ramos, independentemente da técnica usada (PU ou PPD). Esse padrão foi encontrado também por Cancino (2005) e Good et al. (2001), que sugerem o aumento da intensidade amostral para reduzir a variância e o erro das estimativas.

Todavia, é preciso ressaltar que os valores do erro amostral produzidos pela amostragem aleatória de ramos impossibilitam seu uso como método de amostragem para estimar a produção de frutos de pequi, pois não forneceram estimativas precisas do valor real do número de frutos. Apesar dos altos valores do erro e do coeficiente de variação e da discrepância entre o valor real do número de frutos e as estimativas, é preciso pontuar que a amostragem aleatória de ramos foi ineficiente no presente estudo, nas condições metodológicas descritas. Outros estudos apontam essa metodologia como eficaz para estimar outros atributos de árvores individuais, como biomassa (WILLIAMS, 1989; VALENTINE et al., 1994; GOOD et al., 2001; CANCINO & SABOROWSKI, 2007).

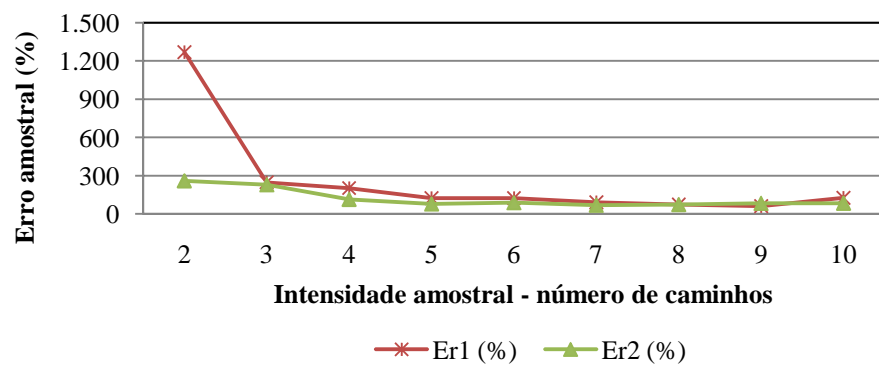
Árvore nº 05



Árvore nº 106

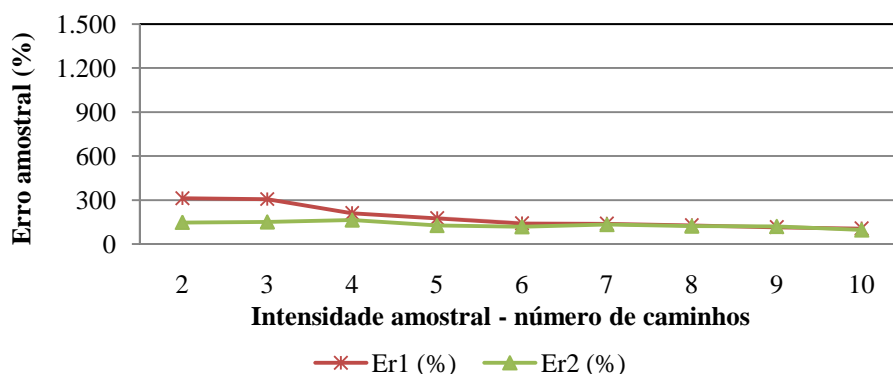


Árvore nº 138



continua

Árvore nº 136



Árvore nº 44

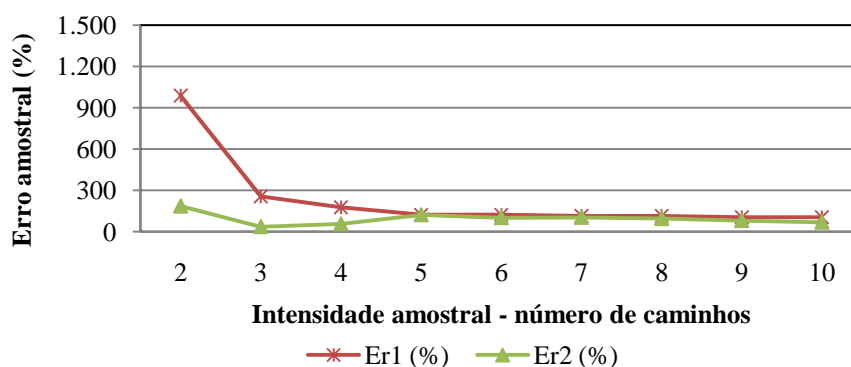


Figura 5.20 - Erro (%) da amostragem aleatória de ramos: Er_1 (%) - erro amostral da probabilidade uniforme - PU e Er_2 (%) - erro amostral da probabilidade proporcional ao diâmetro do ramo - PPD.

Entretanto, a decisão de aumentar a intensidade amostral deve ser tomada em função do tempo gasto na amostragem. Se, para atingir um determinado erro amostral, a amostragem aleatória de ramos demandar muito mais tempo que o censo, este será mais vantajoso porque fornece o valor real do parâmetro estudado. Como pode ser verificado na Figura 5.20, os erros amostrais produzidos pela amostragem aleatória de ramos para as cinco árvores amostradas foram muito altos, o que impossibilita seu uso como método de amostragem (Tabela 5.16). Considerando todas as árvores e ambas as técnicas de probabilidades (PU e PPD), o erro amostral encontrado variou de 44,65 % a 1.270,60 %, comprovando a inviabilidade de utilizar as estimativas da amostragem aleatória de ramos para estimar a produção de frutos de *Caryocar brasiliense* na área do estudo.

Tabela 5.16. Intervalo de confiança para as estimativas produzidas com a amostragem aleatória de ramos, pelas técnicas de probabilidade uniforme e proporcional ao diâmetro, considerando um nível de probabilidade (P=95 %).

	Intesidade amostral (m)	Árvore nº 05	Árvore nº 106	Árvore nº 138	Árvore nº 136	Árvore nº 44
PU	2	IC [$\bar{Y} = 897,0 \pm 8.144,55$] = P	IC [$\bar{Y} = 140,0 \pm 1.473,90$] = P	IC [$\bar{Y} = 16,0 \pm 203,30$] = P	IC [$\bar{Y} = 57,0 \pm 177,88$] = P	IC [$\bar{Y} = 108,0 \pm 1.067,30$] = P
	3	IC [$\bar{Y} = 1.025,3 \pm 1.685,49$] = P	IC [$\bar{Y} = 109,3 \pm 316,96$] = P	IC [$\bar{Y} = 16,0 \pm 39,75$] = P	IC [$\bar{Y} = 196,0 \pm 599,13$] = P	IC [$\bar{Y} = 88,0 \pm 225,73$] = P
	4	IC [$\bar{Y} = 781,0 \pm 1.175,25$] = P	IC [$\bar{Y} = 263,3 \pm 517,05$] = P	IC [$\bar{Y} = 12,0 \pm 24,37$] = P	IC [$\bar{Y} = 159,0 \pm 334,67$] = P	IC [$\bar{Y} = 72,0 \pm 128,55$] = P
	5	IC [$\bar{Y} = 625,6 \pm 903,79$] = P	IC [$\bar{Y} = 220,2 \pm 369,27$] = P	IC [$\bar{Y} = 16,0 \pm 19,86$] = P	IC [$\bar{Y} = 134,4 \pm 236,24$] = P	IC [$\bar{Y} = 108,8 \pm 134,10$] = P
	6	IC [$\bar{Y} = 522,0 \pm 733,51$] = P	IC [$\bar{Y} = 184,8 \pm 293,68$] = P	IC [$\bar{Y} = 13,3 \pm 16,51$] = P	IC [$\bar{Y} = 127,8 \pm 179,44$] = P	IC [$\bar{Y} = 90,7 \pm 111,61$] = P
	7	IC [$\bar{Y} = 461,1 \pm 608,54$] = P	IC [$\bar{Y} = 159,6 \pm 244,18$] = P	IC [$\bar{Y} = 16,0 \pm 14,80$] = P	IC [$\bar{Y} = 109,6 \pm 151,10$] = P	IC [$\bar{Y} = 151,4 \pm 173,69$] = P
	8	IC [$\bar{Y} = 409,5 \pm 523,79$] = P	IC [$\bar{Y} = 139,6 \pm 209,76$] = P	IC [$\bar{Y} = 18,0 \pm 13,26$] = P	IC [$\bar{Y} = 100,4 \pm 128,33$] = P	IC [$\bar{Y} = 132,5 \pm 152,11$] = P
	9	IC [$\bar{Y} = 468,2 \pm 470,33$] = P	IC [$\bar{Y} = 157,4 \pm 184,99$] = P	IC [$\bar{Y} = 19,6 \pm 11,95$] = P	IC [$\bar{Y} = 97,1 \pm 110,61$] = P	IC [$\bar{Y} = 125,0 \pm 131,94$] = P
	10	IC [$\bar{Y} = 424,6 \pm 424,28$] = P	IC [$\bar{Y} = 143,3 \pm 165,43$] = P	IC [$\bar{Y} = 43,2 \pm 54,50$] = P	IC [$\bar{Y} = 92,8 \pm 97,53$] = P	IC [$\bar{Y} = 112,5 \pm 119,16$] = P
	Intesidade amostral (m)	Árvore nº 05	Árvore nº 106	Árvore nº 138	Árvore nº 136	Árvore nº 44
PPD	2	IC [$\bar{Y} = 67,5 \pm 616,24$] = P	IC [$\bar{Y} = 166,5 \pm 2.115,55$] = P	IC [$\bar{Y} = 46,5 \pm 120,71$] = P	IC [$\bar{Y} = 156,0 \pm 228,71$] = P	IC [$\bar{Y} = 218,0 \pm 406,59$] = P
	3	IC [$\bar{Y} = 84,7 \pm 141,33$] = P	IC [$\bar{Y} = 166,7 \pm 413,64$] = P	IC [$\bar{Y} = 31,0 \pm 70,75$] = P	IC [$\bar{Y} = 116,7 \pm 175,06$] = P	IC [$\bar{Y} = 219,3 \pm 79,71$] = P
	4	IC [$\bar{Y} = 161,3 \pm 254,65$] = P	IC [$\bar{Y} = 199,0 \pm 239,51$] = P	IC [$\bar{Y} = 38,5 \pm 44,02$] = P	IC [$\bar{Y} = 232,5 \pm 379,78$] = P	IC [$\bar{Y} = 188,3 \pm 107,33$] = P
	5	IC [$\bar{Y} = 150,2 \pm 174,79$] = P	IC [$\bar{Y} = 297,2 \pm 317,03$] = P	IC [$\bar{Y} = 38,2 \pm 29,76$] = P	IC [$\bar{Y} = 210,0 \pm 264,13$] = P	IC [$\bar{Y} = 332,4 \pm 406,68$] = P
	6	IC [$\bar{Y} = 143,7 \pm 133,24$] = P	IC [$\bar{Y} = 297,0 \pm 239,74$] = P	IC [$\bar{Y} = 31,8 \pm 27,83$] = P	IC [$\bar{Y} = 182,2 \pm 212,17$] = P	IC [$\bar{Y} = 310,3 \pm 312,72$] = P
	7	IC [$\bar{Y} = 155,6 \pm 111,07$] = P	IC [$\bar{Y} = 321,0 \pm 201,59$] = P	IC [$\bar{Y} = 33,1 \pm 22,61$] = P	IC [$\bar{Y} = 366,3 \pm 481,78$] = P	IC [$\bar{Y} = 266,0 \pm 273,95$] = P
	8	IC [$\bar{Y} = 150,0 \pm 93,89$] = P	IC [$\bar{Y} = 322,5 \pm 168,77$] = P	IC [$\bar{Y} = 29,0 \pm 21,31$] = P	IC [$\bar{Y} = 335,5 \pm 409,77$] = P	IC [$\bar{Y} = 245,3 \pm 234,49$] = P
	9	IC [$\bar{Y} = 140,0 \pm 83,97$] = P	IC [$\bar{Y} = 312,6 \pm 146,93$] = P	IC [$\bar{Y} = 41,7 \pm 34,48$] = P	IC [$\bar{Y} = 303,0 \pm 360,25$] = P	IC [$\bar{Y} = 252,7 \pm 202,36$] = P
	10	IC [$\bar{Y} = 127,9 \pm 78,59$] = P	IC [$\bar{Y} = 298,0 \pm 133,05$] = P	IC [$\bar{Y} = 37,5 \pm 31,69$] = P	IC [$\bar{Y} = 357,4 \pm 339,18$] = P	IC [$\bar{Y} = 262,0 \pm 178,80$] = P

PU = probabilidade uniforme; PPD = probabilidade proporcional ao diâmetro; m = número de caminhos amostrados.

6 - CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste estudo pode-se concluir que:

- O cerrado *sensu stricto* estudado apresenta uma flora rica e bastante diversa;
- Dentre as espécies registradas na área de estudo, *Caryocar brasiliense* se destacou por apresentar a maior dominância, o que levou a espécie a ocupar a primeira posição em IVI na área;
- Em média, a menor produção de frutos é encontrada nos quadrantes norte e leste da copa e no estrato basal (em relação à altura da copa) das árvores de *Caryocar brasiliense*, enquanto a maior produção de frutos ocorre no quadrante sudoeste e no estrato mediano. A menor produção de frutos de pequi, em todas as árvores, ocorreu no quadrante nordeste;
- A amostragem aleatória de ramos, testada com duas técnicas, produziu um erro amostral médio (considerando as cinco árvores), para uma intensidade amostral de dez caminhos, de 231,85 % e 151,82 %, respectivamente para a probabilidade uniforme e proporcional ao diâmetro do ramo;
- A amostragem aleatória de ramos considerando a probabilidade proporcional ao diâmetro dos ramos produz estimativas com menor erro do que a probabilidade uniforme, no entanto, nenhuma das duas técnicas de amostragem apresentou-se eficiente para estimar a produção total de frutos de *Caryocar brasiliense*;
- A amostragem aleatória de ramos com probabilidade uniforme foi considerada mais eficiente que a amostragem com probabilidade proporcional ao diâmetro dos ramos na maioria das árvores amostradas simplesmente pelo fato de demandar menor tempo para o levantamento dos dados;
- A amostragem aleatória de ramos com probabilidade uniforme e com probabilidade proporcional ao diâmetro dos ramos apresentou estimativas da produção de frutos de *Caryocar brasiliense* com coeficientes de variação muito altos. Portanto, o tempo foi o fator determinante para a comparação das duas técnicas de amostragem utilizando a eficiência relativa;
- A amostragem aleatória de ramos se mostrou uma metodologia pouco precisa para estimar a produção de frutos de *Caryocar brasiliense*, sendo sua principal desvantagem o alto valor do erro amostral associado às estimativas. Além da baixa precisão das estimativas da produção de frutos, o procedimento de aplicar a amostragem aleatória de

ramos demanda etapas de identificação dos ramos e nós, além de medição dos diâmetros dos ramos, que requerem muito tempo. Em função da baixa precisão dessa técnica de amostragem, o censo ainda seria o procedimento mais indicado para conhecer a produção de frutos dessas árvores.

7 - RECOMENDAÇÕES

A amostragem aleatória de ramos é indicada na literatura como um método preciso para estimar atributos de árvores individuais. Apesar da baixa precisão e do alto erro amostral da amostragem aleatória de ramos nesse trabalho, essa metodologia poderia ser testada em outras espécies nativas do Cerrado, sendo necessário, no entanto, fazer alguns ajustes na metodologia para que a mesma possa se adaptar as condições de espécies nativas, não domesticadas, sob condições naturais, já que tal metodologia testada apresentou-se eficiente para estimar a produção de frutos em frutíferas domesticadas. Além disso, seria interessante testar a metodologia para estimar outros atributos da árvore, além de frutos.

É preciso ressaltar que o princípio da amostragem aleatória de ramos pode servir de base para estimar atributos que não sejam tão variáveis dentro da copa, como os frutos. Assim, espera-se, por exemplo, que a amostragem aleatória de ramos produza boas estimativas de biomassa ou peso fresco e seco de folhas.

Em vista disso, é possível que os dados gerados nesse trabalho subsidiem mais pesquisas com a amostragem aleatória de ramos, com o objetivo de desenvolver metodologias de amostragem para quantificar atributos como flores, frutos e biomassa de modo não destrutivo e num período de tempo menor. O trabalho de campo demonstrou também que a amostragem aleatória de ramos, como método não destrutivo de amostragem, é uma metodologia a ser investigada para uso no Cerrado, cujas árvores são mais baixas e propícias ao acesso por escalada ou com auxílio de escadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALA, G. C.; CALDAS, L. S.; HARIDASAN, M.; EITEN, G. Above and below-ground organic matter and root-shoot ratio in a cerrado in central Brazil. **Brazilian Journal of Ecology**, v.2, n.1, p.11-23, 1998.
- AFONSO, S. R. **Análise sócio-econômica da produção de não-madeireiros no Cerrado brasileiro e o caso da Cooperativa de pequi em Japonvar, MG.** 2008. 95p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- AGUIAR, L. M. S.; MACHADO, R. B.; MARINHO-FILHO, J. A diversidade biológica do Cerrado. In: AGUIAR, L. M. S. & CAMARGO, A. J. A. **Cerrado: ecologia e caracterização.** Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2004. 249p.
- ALMEIDA, S. P. Frutas nativas do Cerrado: caracterização físico-química e fonte potencial de nutrientes. In: SANO, S. M. & ALMEIDA, S. P. **Cerrado: Ambiente e Flora.** Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 1998.
- ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: espécies vegetais úteis.** Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 1998.
- ALMEIDA, S. P.; COSTA, T. S. A.; SILVA, J. A. Frutas nativas do Cerrado: caracterização físico-química e fonte potencial de nutrientes. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: ecologia e flora.** Brasília-DF: Embrapa Cerrados, 2008. 1279p.
- ALVIM, P. T. Repensando a teoria da formação dos campos cerrados. In: VIII Simpósio sobre o Cerrado e I International Symposium on Tropical Savannas, 1996, Brasília. **Anais...**Brasília-DF, 1996. p.56-58.
- ANDRADE, L. A. Z.; FELFILI, J. M.; VIOLATTI, L. Fitossociologia de uma área de cerrado denso na Recor-IBGE, Brasília-DF. **Acta bot. bras**, v.16, n.2, p.225-240, 2002.

- AQUINO, F. G.; RIBEIRO, J. F.; GULIAS, A. P. S. M.; OLIVEIRA, M. C.; BARROS, C. J. S.; HAYES, K. M.; SILVA, M. R. Uso sustentável das plantas nativas do Cerrado: oportunidades e desafios. In: PARRON, L. M.; AGUIAR, L. M. S.; DUBOC, E.; OLIVEIRA-FILHO, E. C.; CAMARGO, A. J. A.; AQUINO, F. G._(ed). **Cerrado: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2008a. 464p.
- AQUINO, F. G.; SILVA, M. R.; RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F.; VILELA, M. F.; OLIVEIRA, M. C. Distribuição geográfica das espécies *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. e *Caryocar brasiliense* Cambess. no Bioma Cerrado. In: IX Simpósio Nacional Cerrado e II Simpósio Internacional Savanas Tropicais, 2008, Brasília. **Anais...** Brasília-DF, 2008b.
- ARAÚJO, F. D. A review of *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) – an economically valuable species of the Central Brazilian Cerrados. **Economic Botany**, v.49, n.1, p.40-48, 1995.
- ARAÚJO, P. S. R.; MOURÃO, F. A. A.; SPOSITO, M. B. Pegamento de frutos de laranjeira “Pêra” em diferentes alturas na copa relacionados aos quadrantes geográficos. **Scientia Agrícola**, v.56, n.1, p.157-162, 1999.
- ARENS, K. O Cerrado como vegetação oligotrófica. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo (Botânica)**, v.224, p.57-77, 1958.
- ARNOLD, J. E. M. & PÉREZ, M. R. Can non-timber forest products match tropical forest conservation and development objectives? **Ecological economics**, v.39, p.437-447, 2001.
- ASSUNÇÃO, S. L. & FELFILI, J. M. Fitossociologia de um fragmento de cerrado *sensu stricto* na APA do Paranoá, DF, Brasil. **Acta bot. bras**, v.18, n.4, p.903-909, 2004.
- BALZON, D. R.; SILVA, J. C. G. L.; SANTOS, A. J. Aspectos mercadológicos de produtos florestais não madeireiros – análise retrospectiva. **Floresta**, v.34, n.3, p.363-371, 2004.

- BARRADAS, M. M. Informações sobre floração, frutificação e dispersão do piqui *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae). **Ciência e Cultura**, v.24, n.11, p.1063-1068, 1972.
- BARREIRA, S.; SCOLFORO, J. R. S.; BOTELHO, S. A.; MELLO, J. M. Estudo da estrutura da regeneração natural e da vegetação adulta de um cerrado *sensu stricto* para fins de manejo florestal. **Scientia Forestalis**, n.61, p.64-78, 2002.
- BAUMGARTEN, J. E. **Oferta de néctar e produção de frutos em uma população de *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae) num Cerrado do Distrito Federal.** 1994. 76p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 1994.
- BIH, F. **Assessment methods for non-timber forest products in off-reserve forests: case study of Goaso district, Ghana.** 2006. 140p. Tese (Doutorado) - University of Freiburg, Breisgau, Alemanha, 2006.
- BOOT, R. G. & GULLISON, R. E. Approaches to developing sustainable extraction systems for tropical forest products. **Ecological Applications**, v.5, n.4, p.896-903, 1995.
- BORGES FILHO, H.C. & FELFILI, J.M. Avaliação dos níveis de extrativismo da casca de barbatimão - *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville – no Distrito Federal, Brasil. **Revista Árvore**, v.27, n.5, p.735-745, 2003.
- BRASIL. Governo Federal, Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima. **Plano Nacional sobre Mudança do Clima.** Brasília, 2008. 129p.
- BUSTAMANTE, M. M. C. & OLIVEIRA, E. L. Impacto das atividades agrícolas, Florestais e Pecuárias nos Recursos Naturais. In: FALEIRO, F. G. & FARIAS NETO, A. L. **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais.** Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2008.

- CANCINO, J. Determinación del tamaño de la muestra en el muestreo RBS con selección sin reposición en la primera etapa. **Bosque**, v.26, n.1, p.65-75, 2005.
- CANCINO, J. & SABOROWSKI, J. Comparison of randomized branch sampling with and without replacement at the first stage. **Silva Fennica**, v.39, n.2, p.201-216, 2005.
- CANCINO, J. & SABOROWSKI, J. Improving RBS estimates – effects of the auxiliary variable, stratification of the crown and deletion of segments on the precision of estimates. **Journal of Forest Science**, v.53, n.7, p.320-333, 2007.
- CASTRO, E. A. & KAUFFMAN, J. B. Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. **Journal of Tropical Ecology**, v.14, p.263-283, 1998.
- CHANDRASEKHARAN, C. **Terminology, definition and classification of Forest products other than wood.** Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/V7540e/V7540e28.htm>>. Acesso em: 22 jun. 2007.
- COCHRAN, W. G. **Sampling Techniques.** New York: John Wiley & Sons, 1977. 428p.
- COLLEVATTI, R. G.; GRATTAPAGLIA, D.; HAY, J. D. Evidences for multiple maternal lineages of *Caryocar brasiliense* populations in the Brazilian Cerrado based on the analysis of chloroplast DNA sequences and microsatellite haplotype variation. **Molecular Ecology**, v.12, p.105-115, 2003.
- COUTINHO, L. M. O conceito de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v.1, p.17-23, 1978.
- D'ÊÇA-NEVES, F. F. & MORELLATO, P. C. Métodos de amostragem e avaliação utilizados em estudos fenológicos de florestas tropicais. **Acta Botânica Brasília**, v.18, n.1, p.99-108, 2004.

- DELANG, C. Not just minor forest products: the economic rationale for the consumption of wild food plants by subsistence farmers. **Ecological economics**, v.59, n.1, p.64-73, 2006.
- DIAS, T. A. B.; VIEIRA, R. F.; MARTINS, M. V. M.; MELLO, C. M. C.; BOAVENTURA, M. C.; RAMOS, A. E.; ASSIS, M. C.; RAMOS, F. A.; MONTERIRO, P. P.; REIS, G. M. C. L. Conservação *ex-situ* de recursos genéticos do Cerrado: plantas medicinais, ornamentais e meliponíneos. In: VIII Simpósio sobre o Cerrado e I International Symposium on Tropical Savannas, 1996, Brasília. **Anais...**Brasília-DF, 1996. p.195-197.
- EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review**, v.38, p.201-341, 1972.
- EITEN, G. Vegetação do Cerrado. In: PINTO, M. N. **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. SEMATEC, UnB, Brasília, 1990.
- EITEN, G. Vegetação do Cerrado. In: PINTO, M. N. **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. 2ed. Brasília: UnB/SEMATEC, 1994. p.9-65.
- EMANUEL, P. L.; SHACKLETON, C. M.; BAXTER, J. S. Modelling the sustainable harvest of *Sclerocarya birrea* subsp. *Caffra* fruits in the South African lowed. **Forest Ecology and Management**, v.214, p.91-103, 2005.
- EVANS, A. M. **A randomized branch sampling method for Hemlock woolly Adelgid**. Third Symposium on Hemlock Woolly Adelgid, p.63-72, 2005.
- EVANS, A. M. & GREGOIRE, T. G. The tree crown distribution of hemlock woolly adelgid, *Adelges tsugae* (Hem., Adelgidae) from randomized branch sampling. **Journal of Applied Entomology**, v.131, n.1, p.26-33, 2007.
- FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; HAIDAR, R. F. **Manual para monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal**. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2005b. 55p.

- FELFILI, J. M. & REZENDE, R. P. **Conceitos e métodos em fitossociologia**. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2003. 68p.
- FELFILI, J. M.; REZENDE, A. V.; SILVA JÚNIOR, M. C.; SILVA, M. A. Changes in the floristic composition of cerrado *sensu stricto* in Brazil over a nine-year period. **Journal of Tropical Ecology**, v.16, p. 579-590, 2000.
- FELFILI, J. M.; RIBEIRO, J. F.; BORGES FILHO, H. C.; VALE, A. T. Potencial econômico da biodiversidade do Cerrado: estágio atual e possibilidades de manejo sustentável dos recursos da flora. In: AGUIAR, L. M. S. & CAMARGO, A. J. A. **Cerrado: ecologia e caracterização**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2004. 249p.
- FELFILI, J. M. & SILVA JÚNIOR, M. C. A comparative study of cerrado (*sensu stricto*) vegetation in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v.9, p.277-289, 1993.
- FELFILI, J. M. & SILVA JUNIOR, M. C. (orgs.). **Biogeografia do Bioma Cerrado: estudo fitofisionômico da Chapada do Espigão Mestre do São Francisco**, 2001.
- FELFILI, J. M. & SILVA JÚNIOR. M. C. Diversidade alfa e beta no Cerrado *sensu stricto*, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e Bahia. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. MMA: Brasília, 2005.
- FELFILI, J. M.; SILVA JUNIOR, M. C.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E. Comparison of cerrado (*sensu stricto*) vegetation in Central Brazil. **Ciência e Cultura**, v.50, n.4, p.237-243, 1998.
- FELFILI, J. M.; SOUSA-SILVA, J. C.; SCARIOT, A. Biodiversidade, ecologia e conservação do Cerrado: avanços no conhecimento. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. MMA: Brasília, 2005a.

- FERNANDES, L. C.; FAGUNDES, M.; SANTOS, G. A.; SILVA, G. M. Abundância de insetos herbívoros associados ao pequiheiro (*Caryocar brasiliense* Cambess.). **Revista Árvore**, v.28, n.6, p.919-924, 2004.
- FERREIRA, M. E.; SANTOS, N. B.; ROCHA, G. F. Indicativos de desmatamento em Unidades de Conservação com base em dados orbitais: uma análise temporal (2003-2006) para o Cerrado Goiano. In: IX Simpósio Nacional Cerrado e II Simpósio Internacional Savanas Tropicais, 2008, Brasília. **Anais...** Brasília-DF, 2008.
- FIDELIS, A. T. & GODOY, S. A. P. Estrutura de um cerrado *sensu stricto* na gleba cerrado pé-de-gigante, Santa Rita do Passa Quatro, SP. **Acta Bot. Bras.**, v.17, n.4, p.531-539, 2003.
- FIEDLER, N. C.; AZEVEDO, I. N. C.; REZENDE, A. V.; MEDEIROS, M. B.; VENTUROLI, F. Efeito de incêndios florestais na estrutura e composição florística de uma área de cerrado *sensu stricto* na Fazenda Água Limpa-DF. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, p.129-138, 2004.
- FIEDLER, N. C.; SILVA SOBRINHO, G. G.; ZANETTI, E. A.; ROCHA, E. B.; GENTIL, L. V.; SILVA, J. C. Extração de Produtos Florestais não Madeireiros. In: 7º Simpósio Brasileiro Sobre Colheita e Transporte Florestal, 2006, Vitória. **Anais...** Viçosa: SIF, 2005. v.1, p.489-495.
- FONSECA, G. A. B.; MACHADO, R. B.; PRADO, A. C. A. A falta de investimentos como ameaça à integridade do Cerrado. In: FALEIRO, F. G. & FARIAS NETO, A. L. **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2008.
- FOURNIER, L. A. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas em árvores. **Turrialba**, v.24, n.4, p.422-423, 1974.
- GARCÍA-NÚÑEZ, C.; AZÓCAR, A.; SILVA, J. F. Fruit, seed production and sizes structure in some evergreen tree species of the Venezuelan Savannas. VIII Simpósio

sobre o Cerrado e I International Symposium on Tropical Savannas, 1996, Brasília. **Anais...Brasília-DF**, 1996. p.284-289.

GIULIETTI, A. M.; WANDERLEY, M. G. L.; LONGHI-WANER, H. M.; PIRANI, J. R. & PARRA, L. R. Estudos em "sempre vivas": taxonomia com ênfase nas espécies de Minas Gerais, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.10, n. 2, p.329-383, 1996.

GODOY, R.; LUBOWSKI, R.; MARKANDYA, A. A method for the economic valuation of non-timber tropical forest products. **Economic Botany**, v.47, n.3, p.220-233, 1993.

GOMES, L. J. & GOMES, M. A. O. Extrativismo e biodiversidade: o caso da fava d'anta. **Ciência Hoje**, v.27, n.161, p.66-69, 2000.

GOOD, M.; PATERSON, M.; BRACK, C.; MENGERSEN, K. Estimating tree component biomass using variable probability sampling methods. **Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics**, v.6, p.258-267, 2001.

GOVE, J. H.; DUCEY, M. J.; VALENTINE, H. T. Multistage point relascope and randomized branch sampling for downed coarse woody debris estimation. **Forest Ecology and Management**, v.155, p.153–162, 2002.

GREGOIRE, T. G.; VALENTINE, H. T.; FURNIVAL, G. M. Sampling methods to estimate foliage and other characteristics of individual trees. **Ecology**, v.76, n.4, p.1181-1194, 1995.

GREGOIRE, T. G. & VALENTINE, H. T. Sampling methods to estimate stem length and surface area of tropical tree species. **Forest Ecology and Management**, v.83, p.229-235, 1996.

GREGOIRE, T. G. & VALENTINE, H. T. **Sampling strategies for natural resources and the environment**. New York: Chapman & Hall/CRC, 2007. 474p.

- GRIBEL, R. & HAY, J. D. Pollination ecology of *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) in Central Brazil cerrado vegetation. **Journal of Tropical Ecology**, v.9, p. 199-211, 1993.
- GUARIM NETO, G. & MORAIS, R. G. Recursos medicinais de espécies do cerrado de Mato Grosso: um estudo bibliográfico. **Acta Botanica Brasilica**, v.17, n.4, p.561-584, 2003.
- GULIAS, A. P. S. M.; RIBEIRO, J. F.; OLIVEIRA, M. C.; AQUINO, F. G.; SILVA, M. R. Produtividade dos Pequizeiros (*Caryocar brasiliense* Cambess.) no município de Damianópolis, Goiás. In: IX Simpósio Nacional Cerrado e II Simpósio Internacional Savanas Tropicais, 2008, Brasília. **Anais...** Brasília-DF, 2008a.
- GULIAS, A. P. S. M.; RIBEIRO, J. F.; OLIVEIRA, M. C.; AQUINO, F. G.; SILVA, M. R. Cadeia produtiva do Pequi (*Caryocar brasiliense* Cambess.) no município de Damianópolis - GO. In: IX Simpósio Nacional Cerrado e II Simpósio Internacional Savanas Tropicais, 2008, Brasília. **Anais...** Brasília-DF, 2008b.
- GUSMÃO, E.; VIEIRA, F. A.; FONSECA JÚNIOR, E. M. Biometria de frutos e endocarpos de murici (*Byrsonima verbascifolia* Rich. Ex A. Juss.). **Cerne**, v.12, n.1, p.84-91, 2006. (Nota Técnica).
- HALL, P. & BAWA, K. Methods to assess the impact of extraction of non-timber tropical forest products on plant populations. **Economic Botany**, v.47, n.3, p.234-247, 1993.
- HARIDASAN, M. Solos do Distrito Federal. In: PINTO, M. N. **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1990. p.309-330.
- HARIDASAN, M. Competição por nutrientes em espécies arbóreas do Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. MMA: Brasília, 2005.

- HAY, J. D.; BIZERRIL, M. X.; CALOURO, A. M.; COSTA, E. M. N.; FERREIRA, A. A.; GASTAL, M. L. A.; GOES JÚNIOR, C. D.; MANZAN, D. J.; MARTINS, C. R.; MONTEIRO, J. M. G.; OLIVEIRA, S. A.; RODRIGUES, M. C. M.; SEYFFARTH, J. A. S.; WALTER, B. M. T. Comparação do padrão da distribuição espacial em escalas diferentes de espécies nativas do cerrado, em Brasília, DF. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 3, 2000, p. 341-347.
- HENRIQUES, R. P. B. Influência da história, solo e fogo na distribuição e dinâmica das fitofisionomias no bioma Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.
- HERZOG-SOARES, J. D.; ALVES, R. K.; ISAC, E.; BEZERRA, J. C. B.; GOMES, M. H.; SANTOS, S. C.; FERRI, P. H. Atividade tripanocida *in vivo* de *Stryphnodendron adstringens* (barbatimão verdadeiro) e *Caryocar brasiliensis* (pequi). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 12, supl., p. 1-2, 2002.
- HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest mensuration**. 2ed. New York: John Willey & Sons, 1972. 410 p.
- IBGE. **Produção da Extração Vegetal e Silvicultura**. Vol.22, 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pevs/2007/pevs2007.pdf>>. Acesso em: 26 de dezembro de 2008.
- JESSEN, R. J. Determining the fruit count on a tree by randomized branch sampling. **Biometrics**, v.11, n.1, p.99-109, 1955.
- KENT, M. & COKER, P. **Vegetation and description analysis: a practical approach**. New York, John Wiley & Sons, 1992.
- KERR, W. E.; SILVA, F. R.; TCHUCARRAMAE, B. Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), informações preliminares sobre um Pequi sem espinho no caroço. **Revista Brasileira de Fruticultura**, comunicação científica, v.29, n.1, p.169-171, 2007.

- KLINK, C. A. & MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v.1, n.1, p.147-153, 2005.
- LAMIEN, N.; TIGABU, M.; GUINKO, S.; ODEN, P. C. Variations in dendrometric and fruiting characters of *Vitellaria paradoxa* populations and multivariate models for estimation of fruit yield. **Agroforest System**, v.69, p.1-11, 2007.
- LEITE, G. L. D.; VELOSO, R. V. S.; ZANUNCIO, J. C.; FERNANDES, L. A.; ALMEIDA, C. I. M. Phenology of *Caryocar brasiliense* in the Brazilian cerrado region. **Forest Ecology and Management**, v.236, p.286-294, 2006.
- LÍBANO, A. M. & FELFILI, J. M. Mudanças temporais na composição florística e na diversidade de um cerrado *sensu stricto* do Brasil Central em um período de 18 anos (1985-2003). **Acta Bot. Bras.**, v.20, n.4, p.927-936, 2006.
- LIMA, J. E. F. W. & SILVA, E. M. Estimativa da produção hídrica superficial do Cerrado brasileiro. In: SCARIOT, A.; SOUZA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.
- LOPES, P. S. N.; SOUZA, J. C.; REIS, P. R.; OLIVEIRA, J. M.; ROCHA, I. D. F. Caracterização do ataque da broca dos frutos do Pequiizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n.3, p.540-543, 2003.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Vol.1, 4.ed. Nova Odessa, São Paulo: Instituto Plantarum, 2002.
- MACHADO, R.B.; RAMOS NETO, M. B.; PEREIRA, P. G. P.; CALDAS, E. F.; GONÇALVES, D. A.; SANTOS, N. S.; TABOR, K; STEININGER, M. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. *Conservation International* do Brasil, Brasília. 2004. 23p.
- MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurements**. Croom Helm: London, 1988.179p.

- MAY, P. H.; CHEVÉZ-POZO, O.; REYDON, B. P.; ANDRADE, A. G. **Compilación y análisis sobre los productos forestales no madereros (PFNM) en el Brasil**. Chile: FAO, 2001.
- MELO, J. T.; SILVA, J. A.; TORRES, R. A. A.; SILVEIRA, C. E. S.; CALDAS, L. S. Coleta, propagação e desenvolvimento inicial de espécies do Cerrado. In: SANO, S. M. & ALMEIDA, S. P. de. **Cerrado: Ambiente e Flora**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 1998.
- MELO, C. Diurnal bird visiting of *Caryocar brasiliense* Camb. in Central Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v.61, n.2, p.311-316, 2001.
- MELO JÚNIOR, A. F.; CARVALHO, D.; PÓVOA, J. S. R.; BEARZOTI, E. Estrutura genética de populações naturais de Pequiizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Scientia Forestalis**, n.66, p.56-65, 2004.
- MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA JÚNIOR, M.C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E. Flora Vascular do Cerrado. In: SANO, S. M. & ALMEIDA, S. P. de. **Cerrado: Ambiente e Flora**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 1998.
- MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA JÚNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E.; FAGG, C. W. Flora vascular do Bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2008. v2. 1279p.
- MEYER, H. A.; RECKNAGEL, A. B.; STEVENSON, D. D.; BARTOO, R. A. **Forest Management**. London: Belhaven Press, 1961.
- MIRANDA, H. S.; SATO, M. N.; ANDRADE, S. M. A.; HARIDASAN, M.; MORAIS, H. C. Queimadas de Cerrado: caracterização e impactos. In: AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. J. A. **Cerrado: ecologia e caracterização**. Planaltina, DF, Embrapa Cerrados, 2004, p. 69-123.

- MIRANDA, H. S. & SATO, M. N. Efeitos do fogo na vegetação lenhosa do Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.
- MUELLER-DOMBOIS, D. & ELLEMBERG, H. **Aims and Methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons, 2002.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B. & KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v.403, p.853-858, 2000.
- NAPPO, M. E.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; MARTINS, S. V. A estrutura do sub-bosque de povoamentos homogêneos de *Mimosa scabrella* Bentham, em área minerada em Poços de Caldas, MG. **Ciência Florestal**, v.10, n.2, p.17-29, 2000.
- NAPPO, A. E.; FIEDLER, N. C.; SILVA, J. C.; SILVA, G. F. Avaliação da utilização de recursos florestais no extremo nordeste do Estado de Goiás. **Brasil Florestal**, n.75, 2003.
- NEUMANN, R. P. & HIRSCH, E. **Commercialisation of Non-Timber Forest Products: Review and Analysis of Research**. CIFOR (Center for International Forestry Research), Bogor, Indonésia, 2000. 176p.
- NUNES, R. V.; SILVA JÚNIOR, M. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T. Intervalos de classe para abundância, dominância e frequência do componente lenhoso do cerrado sentido restrito no Distrito Federal. **Revista Árvore**, v.26, n.2, p.173-182, 2002.
- BENSUSAN, N. **Conservação da biodiversidade em áreas protegidas**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006. 176p.
- OLIVEIRA, P. E. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de Cerrado. In: SANO, S. M. & ALMEIDA, S. P. de. **Cerrado: Ambiente e Flora**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 1998.

- OLIVEIRA, E. **Exploração de espécies nativas como uma estratégia de sustentabilidade socioambiental: o caso do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) em Goiás**. 2006. 294p. Tese (Doutorado em Política e Gestão Ambiental) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.
- OLIVEIRA, M. E. B.; GUERRA, N. B.; BARROS, L. M.; ALVES, R. E. **Aspectos agronômicos e de qualidade do pequi**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2008. 32p.
- OLIVEIRA, M. N. S.; GUSMÃO, E.; LOPES, P. S. N.; SIMÕES, M. O. M.; RIBEIRO, L. M.; DIAS, B. A. S. Estádio de maturação dos frutos e fatores relacionados aos aspectos nutritivos e de textura da polpa de Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.3, p. 380-386, 2006.
- PAULA-JÚNIOR, W.; ROCHA, F. H.; DONATTI, L; FADEL-PICHETH, C. M. T.; WEFFORT-SANTOS, A. M. Leishmanicidal, antibacterial, and antioxidant activities of *Caryocar brasiliense* Cambess leaves hydroethanolic extract. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.16, supl., p. 625-630, 2006.
- PEARCE, S. C. & HOLLAND, D. A. Randomized branch sampling for estimating fruit number. **Biometrics**, v.13, 1957, p.127-130.
- PÉLLICO NETTO, P. S. & BRENA, D. A. **Inventário Florestal**. Curitiba: Editorado pelos autores, 1997, 316p.
- PETERS, C. M. **Sustainable harvest of non-timber plant resources in tropical moist Forest: an ecological primer**. Biodiversity Support Programme, WWF, Washington, USA. 1994. 44p.
- POZO, O. V. C. **O Pequi (*Caryocar brasiliense*): uma alternativa para o desenvolvimento sustentável do Cerrado no norte de Minas Gerais**. 1997. 97p. Dissertação (Mestrado em Administração Rural) - Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 1997.

- SAMBUICHI, R. H. R. **Efeitos de longo prazo do fogo periódico sobre a fitossociologia da camada lenhosa de um cerrado em Brasília, DF.** 1991. 144p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 1991.
- PRADO, A. K. S.; MACHADO, E. C.; MEDINA, C. L.; MACHADO, D. F. S. P.; MAZZAFERA, P. Florescimento e frutificação em laranjeiras 'valência' com diferentes cargas de frutos e submetidas ou não à irrigação. **Bragantia**, v.66, n.2, p.173-182, 2007.
- PROENÇA, C.; OLIVEIRA, R. S.; SILVA, A. P. **Flores e frutos do Cerrado.** 2ed. Brasília: Editora Rede de Sementes do Cerrado, 2006. 226p.
- RAJCHAL, R. **Analytical review of the definitions of non timber forest product**, 2006. Disponível em: <<http://forestrynepal.org/images/analytical%20definition%20of%20ntfp.pdf>>. Acesso em 9 mai. 2007.
- RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; ATKINSON, R. & RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the brazilian cerrado vegetation II: Comparison of the woody vegetation of 98 areas. **Edinburgh Journal of Botany**. v.53, n.2, p.153-180,1996.
- RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Espécies lenhosas da fitofisionomia cerrado sentido amplo em 170 localidades do Bioma Cerrado. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, v.7, p.5-112, 2001.
- RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F.; DIAS, T. A. B.; SILVA, M. R. Estudo preliminar da distribuição das espécies lenhosas da fitofisionomia cerrado sentido restrito nos estados compreendidos pelo bioma cerrado. **Boletim Herbário Ezechias Paulo Heringer**, v.5, p.5-43, jul.2000.
- RATTER, J. A. & DARGIE, T. C. D. An analysis of the floristic composition of 26 cerrado areas in Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, v.49, n.2, p.235-250, 1992.

- REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T. Solos do bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S. M. & ALMEIDA, S. P. de. **Cerrado: Ambiente e Flora**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 1998.
- REATTO, A. & MARTINS, E. S. Classes de solo em relação aos controles da paisagem do bioma Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. **Cerrado; ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.
- REIS, H.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; OLIVEIRA FILHO, A.T.; MELLO, J. M. Análise da composição florística, diversidade e similaridade de fragmentos de Mata Atlântica em Minas Gerais. **Cerne**, v.13, n.3, p.280-290, 2007.
- RIBEIRO, J. F.; OLIVEIRA, M. C.; GULIAS, A. P. S. M.; FELFILI, J. M.; AQUINO, F. G. Usos múltiplos da Biodiversidade no Bioma Cerrado: estratégia sustentável para a sociedade, o agronegócio e os recursos naturais. In: IX Simpósio Nacional Cerrado e II Simpósio Internacional Savanas Tropicais, 2008, Brasília. **Anais...** Brasília-DF, 2008.
- RIBEIRO, J. F. & SILVA, J. C. S. Manutenção e recuperação da biodiversidade do Bioma Cerrado: o uso de plantas nativas. VIII Simpósio sobre o Cerrado e I International Symposium on Tropical Savannas, 1996, Brasília. **Anais...** Brasília-DF, 1996. p.10-14.
- RIBEIRO, J. F. & WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: SANO, S. M. & ALMEIDA, S. P. de. **Cerrado: Ambiente e Flora**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 1998.
- RIBEIRO, J. F. & WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2008. 1279p.

- ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUSA, C. A. S.; PASTORE, G. M. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.1, p.53-60, 2007.
- ROSSI, L. M. B. & HIGUCHI, N. Comparação entre métodos de análise do padrão espacial de oito espécies arbóreas de uma floresta tropical úmida. In: GASCON, C. & MONTINHO, P. **Floresta Amazônica: Dinâmica, regeneração e manejo**. INPA, 1998.
- SAMBUICHI, R. H. R. **Efeitos de longo prazo do fogo periódico sobre a fitossociologia da camada lenhosa de um cerrado em Brasília, DF**. 1991. 144p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 1991.
- SANTANA, J. G. & NAVES, R. V. Caracterização de ambientes de Cerrado com alta densidade de Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) na região Sudeste do Estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.33, n.1, p.1-10, 2003.
- SANTANA, J. A. S. & SOUTO, J. S. Diversidade e estrutura fitossociológica da Caatinga na Estação Ecológica do Seridó-RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.6, n.2, p.232-242, 2006.
- SANTOS, A. J.; HILDEBRAND, E.; PACHECO, C. H. P.; PIRES, P. T. L.; ROCHADELLI, R. Produtos não madeireiros: conceituação, classificação, valoração e mercados. **Floresta**, v.33, n.2, p.215-224, 2003.
- SANTOS, S. C.; COSTA, W. F.; BATISTA, F.; SANTOS, L. R.; FERRI, P. H.; FERREIRA, H. D.; SERAPHIN, J. C. Seasonal variation in the content of tannins in barks of barbatimão species. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.16, n. 4, p. 552-556, 2006a.
- SANTOS, B. R.; PAIVA, R.; NOGUEIRA, R. C.; OLIVEIRA, L. M.; SILVA, D. P. C.; MARTINOTTO, C.; SOARES, F. P.; PAIVA, P. D. O. Micropropagação de Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 28, n. 2, p. 293-296, 2006b.

- SCHMDLT, I. B.; FIGUEIREDO, I.B. SCARIOT, A. Ethnobotany and effects of harvesting on the population ecology of *Syngonanthus nitens* (Bong.) Ruhland (Eriocaulaceae), a NTFP from Jalapao Region, Central Brazil. **Economic botany**, v.61, n. 1, p.73-85, 2007.
- SCHMDLT, I. B. **Etnobotânica e ecologia populacional de *Syngonanthus nitens*: sempre-viva utilizada para artesanato no Jalapão, Tocantins**. 2005. 91p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2005.
- SCHWARTZ, M. W.; CARO, T. M.; BANDA-SAKALA, T. Assessing the sustainability of harvest of *Pterocarpus angolensis* in Rukwa Region, Tanzânia. **Forest Ecology and Management**, v.170, p.259-269, 2002.
- SHANLEY, P. & MEDINA, G. **Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica**. Belém: CIFOR, IMAZON, 2005. 300p.
- SHANLEY, P.; PIERCE, A.; LAIRD, S. **Além da Madeira: a certificação de produtos florestais não-madeireiros**. Bogor, Indonésia: Centro de Pesquisa Florestal Internacional (CIFOR), 2005. 153p.
- SHACKLETON, C.M.; BOTHA, J.; EMANUEL, P.L.; NDLOVU, S. **Inventory of marula (*Sclerocarya birrea* subsp. *caffra*): stocks and fruit yields in Communal and Protected areas of the Bushbuckridge Lowveld, Limpopo Province, South Africa**. Project Report produced by Department of Environmental Science, Rhodes University Grahamstown, South Africa. DFID. 2002. 17p. Disponível em: <<http://www.nwl.ac.uk/research/winners/literature.html>>. Acesso em: 10 mai. 2007.
- SILVA, J. A. **O cultivo do pequi**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 1998. 2p. Guia Técnico do Produtor Rural, 10.
- SILVA, H. N.; HALL, A. J.; CASHMORE, W. M.; TUSTIN, D. S. Variation of fruit size and growth within an apple tree and its influence on sampling methods for estimating the parameters of mid-season size distributions. **Annals of Botany**, v.86, p.493-501, 2000.

- SILVA, S.; SILVA, A. P.; MUNHOZ, C. B.; SILVA JÚNIOR, M. C.; MEDEIROS, M. B. **Guia de plantas do cerrado da Chapada dos Veadeiros**. Brasília: WWF, 2001. 132p.
- SILVA, L. O.; COSTA, D. A.; SANTO FILHO, K. do. E.; FERREIRA, H. D.; BRANDÃO, D. Levantamento florístico e fitossociológico em duas áreas de cerrado *sensu stricto* no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás. **Acta bot. bras**, v.16, n.1, p.43-53, 2002.
- SILVA, A. K. & EGITO, M. Rede de comercialização solidária de agricultores familiares e extrativistas do Cerrado: um novo protagonismo social. **Agriculturas**, v.2, n.2, p.14-16, 2005.
- SILVA, A. G.; GONÇALVES, W.; LEITE, H. G. Estudo comparativo entre os procedimentos de amostragem casual simples e amostragem sistemática em inventários de arborização urbana. **Natureza & Desenvolvimento**, v.1, n.1, p.63-73, 2005.
- SILVA JUNIOR, M. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; NOGUEIRA, P. E.; REZENDE, A. V.; MORAIS, R.O.; NÓBREGA, M. G. G. Análise da flora arbórea de Matas de Galeria no Distrito Federal: 21 levantamentos. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SOUSA-SILVA, J. C. **Cerrado: caracterização e recuperação de Mata de Galeria**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 899p.
- SILVA JÚNIOR, M. C. **100 árvores do Cerrado**: guia de campo. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2005. 278p.
- SOUZA, C. D. & FELFILI, J. M. Etnobotânica do cerrado sentido restrito na Fazenda Horta em Cavalcante, GO. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, v.12, p.42-56, 2003.
- SOUZA, C. D. & FELFILI, J. M. Uso de plantas medicinais na região de Alto Paraíso de Goiás, GO, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.20, n.1, p.135-142, 2006.

- SOUZA, V. C. & LORENZI, H. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. Nova Odessa, São Paulo: Instituto Plantarum, 2005. 640p.
- SOUZA, T. M.; MOREIRA, R. R. D.; PIETRO, R. C. L. R.; ISAAC, V. L. B. Avaliação da atividade anti-séptica de extrato seco de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville e de preparação cosmética contendo este extrato. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.17, n.1, p.71-75, 2007.
- SPIEGEL, M. R. **Estatística**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1972. 580p.
- TICKTIN, T. The ecological implications of harvesting non-timber forest products. **Journal of Applied Ecology**, v.41, p.11-21, 2004.
- TOMASSINI, E. & MORS, W.B. *Dimorphandra mollis* Benth. e *D. gardneriana* Tull., novas e excepcionais fontes de rutina. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 38, p.321-323, 1966.
- TRAUERNICHT, C. & TICKTIN, T. The effects of non-timber forest product cultivation on the plant community structure and composition of a humid tropical forest in southern Mexico. **Forest Ecology and Management**, v.219, p.269-278, 2005.
- TRIBONI, H. R. & BARBOSA, J. C. Estimativa do número de frutos por amostragem de parte da copa em laranjeiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, n.3, p.454-458, 2004.
- VALENTINE, H. T.; TRITTON, L. M.; FURNIVAL, G. M. Subsampling trees for biomass, volume or mineral content. **Forest Science**, v.30, p.673-681, 1984.
- VANTOMME, P. **Production and trade opportunities for non-wood forest products, particularly food products for niche markets**. Geneva: Forest Products Division (FAO),2001.Disponível em:< <http://www.fao.org/forestry/FOP/FOPW/NWFP/nwfp-e.stm>>. Acesso em 10 mai. 2007.

- VERA, R.; NAVES, R. V.; NASCIMENTO, J. L.; CHAVES, L. J.; LEANDRO, W. M.; SOUZA, E. R. B. de. Caracterização física de frutos de Pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) no Estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.35, n.2, p.71-79, 2005.
- WILLIAMS, R. A. Use of randomized branch and importance sampling to estimate loblolly pine biomass. **Southern Journal of Applied Forestry**, v.13, p.181-184, 1989.
- WINTER, F. Method and results of the “Bavendorf apple forecast model” as introduced in 1987 in Santa Catarina (Brasil). **Acta Horticulturae**, v. 232, p.235–244,1988.
- WONG, J. L. G. **The biometrics of non-timber forest product resource assessment: a review of current methodology**. Research paper for the European Tropical Forest Research Network (ETFRN), Department for International Development (DFID), UK. 2000. 109p.
- ZARDO, R. N. **Efeito do impacto da extração de frutos na demografia do pequi (*Caryocar brasiliense*) no Cerrado do Brasil Central**. 2008. 50p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- ZHANG, S. Y. & WANG, L. X. Comparison of three fruit census methods in French Guiana. **Journal of Tropical Ecology**, v.11, p.281-294, 1995.

APÊNDICES

A - AMOSTRAGEM ALEATÓRIA DE RAMOS: EXEMPLO ESQUEMÁTICO

A partir da ramificação da copa da árvore exemplificada abaixo, demonstra-se o procedimento prático de aplicação da amostragem aleatória de ramos. A amostragem aleatória de ramos foi testada segundo duas técnicas de atribuir probabilidades de seleção ao ramos da copa: probabilidade uniforme - PU e probabilidade proporcional ao diâmetro - PPD.

Na probabilidade uniforme, como pode ser observada no esquema (Figura A), em cada nó ou bifurcação da árvore, a probabilidade de seleção condicional (q_{ri}) dos ramos é dada pela fração $1/i$, onde i é o número de ramos que originam de um determinado nó. No caso do primeiro nó, denominado pela letra maiúscula “A”, existem dois segmentos de ramos: nº 1 e nº 2. Seguindo o cálculo de atribuir probabilidade uniforme, a probabilidade de escolher o segmento nº 1 será igual à de selecionar o segmento nº 2 que é igual a $\frac{1}{2}$ ou 50 %. Do mesmo modo, como mostrado na Tabela A, foi feito o sorteio nos nós “F” (formado pelos segmentos de ramos nº 11 e nº 12) e “G” (formado pelos segmentos de ramos nº 13 e nº 14).

A figura mostra então o caminho selecionado, formado pelos nós A, F, G e os ramos nº 2, 12 e 13 que termina com 20 frutos. Para estimar a produção total de frutos dessa árvore pela probabilidade uniforme, é necessário calcular a probabilidade incondicional (Q_{mi}) de seleção do ramo nº 13. A probabilidade incondicional é dada pelo produto das probabilidades dos ramos sorteados no caminho, logo para o caminho 1: $Q_{mi} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$. Por fim, a estimativa do número de frutos da árvore é dada pela divisão do número de frutos no ramo final e a sua respectiva probabilidade incondicional de seleção, como mostrado na tabela abaixo. Para o caminho 1, então, amostrado pela probabilidade uniforme, tem-se uma estimativa de 160 frutos.

De modo análogo ao descrito acima é feita a estimativa pela probabilidade proporcional ao diâmetro, com a diferença que a probabilidade do ramo é atribuída segundo a média ponderada do seu diâmetro com os demais que emergem de um mesmo nó. No caso do nó

“A”, tem-se então dois ramos, nº 1 e nº 2, cujos diâmetros são 3,55 e 4,35 cm respectivamente. Logo:

$$q_{ri} = q_{A1} = \frac{(3,55)^2}{(3,55)^2 + (4,35)^2} = 0,399$$

$$q_{ri} = q_{A2} = \frac{(4,35)^2}{(3,55)^2 + (4,35)^2} = 0,601$$

A probabilidade incondicional é dada, do mesmo modo, pelo produto das probabilidades dos ramos sorteados no caminho, logo para o caminho 1: $Q_{mi} = 0,601 \times 0,610 \times 0,281 = 0,103$. Por fim, a estimativa do número de frutos da árvore é dada pela divisão do número de frutos no ramo final e a sua respectiva probabilidade incondicional de seleção, como mostrado na tabela abaixo. Para o caminho 1, então, amostrado pela probabilidade proporcional ao diâmetro, tem-se uma estimativa de 194,2 frutos.

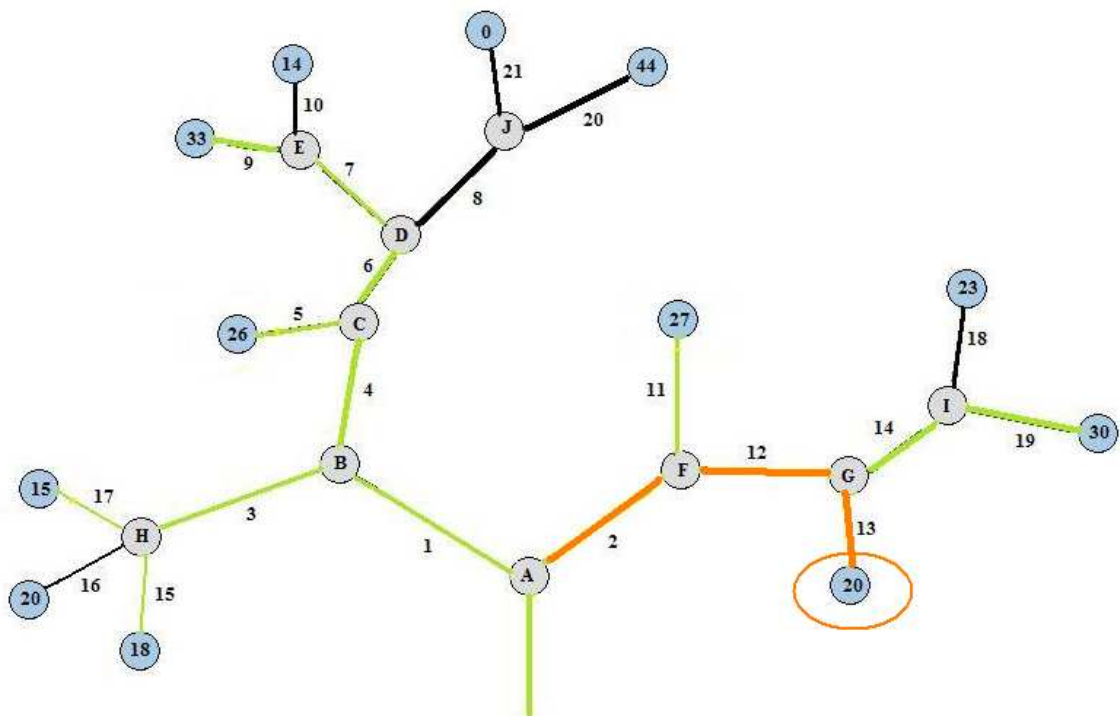


Figura A- Esquema da ramificação da copa de uma árvore, onde A, B, C, D, E, F, G, H, I, J representam os nós (bifurcações); os números 1 a 21 representam os segmentos de ramos; em laranja está representado o caminho 1.

Tabela A - Simulação dos cálculos para estimar o número de frutos por meio da amostragem do caminho 1 (referente à Figura A) pelas técnicas de probabilidade uniforme e proporcional ao diâmetro.

Caminho 1		Probabilidade de seleção dos ramos (q_{ri})		Diâmetro do ramo medido próximo ao nó	Probabilidade incondicional de seleção do ramo final	Nº de frutos no ramo sorteado	Estimativa do nº de frutos da árvore
Nó	Ramos	PU	PPD	D (cm)	Q_{mi}	Y_{mi}	$\tau y Q_1$
A	1	1/2	0,399	3,55	-	-	
	2	1/2	0,601	4,35	-	-	
F	11	1/2	0,390	1,60	-	-	
	12	1/2	0,610	2,00	-	-	
G	13	1/2	0,281	1,00	PU = 1/8	20	20/ (0,125) = 160,0
	14	1/2	0,719	1,60	PPD = 0,103		20/(0,103)= 194,2

q_{ri} = probabilidade condicional de seleção do ramo i , pertencente ao nó r ; Q_{mi} = probabilidade incondicional de seleção do ramo i , do caminho m ; Y_{mi} = número de frutos no ramo i , do caminho m ; $\tau y Q_1$ = estimativa do número de frutos dada pelo caminho 1.