

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
REGIONAL JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CARACTERIZAÇÃO MOLECULAR E ATRIBUTOS DO SOLO
DOS AMBIENTES DE OCORRÊNCIA DE
CAJUZINHO-DO-CERRADO E GABIROBEIRAS

Paula Assis Lopes
Engenheira Florestal

JATAÍ – GOIÁS – BRASIL
Setembro de 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
REGIONAL JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CARACTERIZAÇÃO MOLECULAR E ATRIBUTOS DO SOLO
DOS AMBIENTES DE OCORRÊNCIA DE
CAJUZINHO-DO-CERRADO E GABIROBEIRAS

Paula Assis Lopes

Orientador: Prof. Dr. Edésio Fialho dos Reis

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

JATAÍ – GOIÁS – BRASIL

Setembro de 2016

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

PAULA ASSIS LOPES – nascida no dia 25 de setembro de 1991, na cidade de Jataí, estado de Goiás, filha de Reiner Dias de Assis e Isaurita Lopes da Silva. Ingressou no curso de Engenharia Florestal na Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, GO, no mês de março de 2009 e obteve título de Engenheira Florestal em Agosto de 2014. Em agosto de 2014, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, no Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, GO, sob a orientação do Prof. Dr. Edésio Fialho dos Reis, obtendo o título em setembro de 2016.

“Ó, Senhor, tu refrigeras minha alma
Deitar-me faz em verdes prados
O teu cajado me consola
Tu me conduzes às veredas da justiça
És meu pastor, és meu guia
Nada me faltará - nada me faltará”
(Salmo 23)

Aos meus pais e meu irmão, que em todos os momentos de minha vida se fizeram presentes, me orientando, aconselhando, brigando, e lutando para que eu pudesse me tornar quem eu me tornei hoje, esse trabalho não é dedicado a vocês, ele foi realizado por vocês.

Com todo o meu amor, ofereço e dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, o qual é presente em minha vida, a quem devo minha existência, minha sabedoria e minhas conquistas.

Aos meus pais Reiner Dias de Assis e Isaurita Lopes da Silva e meu irmão Gustavo Assis Lopes, os quais, amo muito e são exemplos de coragem, dedicação e determinação.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, pela oportunidade e estrutura para realizar todas as etapas deste trabalho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Edésio Fialho dos Reis pelos ensinamentos, incentivo e confiança dedicados. Obrigada por contribuir com minha formação profissional.

À CAPES, pela concessão de bolsa de estudos e a FAPEG, pelo financiamento do projeto.

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia e funcionários da Universidade Federal de Goiás, em especial ao Neto do transporte, pela colaboração nas coletas de campo e ao Marcos Humberto Silva de Assis, pelas análises realizadas.

A todos os meus amigos, sábio quem disse que “*Quem tem amigos, tem tudo*”, eu tenho tudo, poucos, mas os melhores do mundo. Principalmente aqueles que contribuíram direta e indiretamente na execução desse trabalho.

Ao Jefferson Fernando Naves Pinto, técnico do laboratório de genética e biologia molecular da UFG – Regional Jataí, obrigada pelo acompanhamento em todas as etapas do trabalho.

Meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xvi
RESUMO.....	xx
SUMMARY	xxi
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1.1. Introdução	1
1.2. Revisão de literatura	2
1.2.1. O Cerrado brasileiro.....	2
1.2.2. Os solos sob o Cerrado	4
1.2.3. Frutíferas do Cerrado.....	4
1.2.4. Aspectos gerais do Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.)	6
1.2.5. Aspectos Gerais do Gênero <i>Campomanesia</i>	8
1.2.6. Marcadores moleculares e a diversidade genética	10
1.2.7. Marcadores ISSR.....	13
1.2.8. Necessidade nutricional em frutíferas do Cerrado	15
1.2.9. Estatística multivariada para o estudo da diversidade genética	17
1.2.10. Análise de componentes principais aplicada em estudos dos atributos do solo	18
1.2.11. Análise de agrupamento	19
1.3. Objetivos	21
1.3.1. Objetivo geral.....	21
1.3.2. Objetivos específicos	21
1.4. Referências	22
CAPÍTULO 2 - ATRIBUTOS BIOLÓGICOS, QUÍMICOS E GRANULOMETRIA DO SOLO NA CARACTERIZAÇÃO DE AMBIENTES DE OCORRÊNCIA DE CAJUZINHO-DO-CERRADO E GABIROBEIRAS.....	33
RESUMO	33
SUMMARY	34

2.1. Introdução	35
2.2. Material e métodos.....	36
2.2.1. Descrição da coleta	36
2.2.2. Determinação dos atributos biológicos, químicos e granulometria do solo	39
2.2.3. Análise estatística dos dados	40
2.3. Resultados e discussão	41
2.3.1. Atributos biológicos do solo	41
2.3.1.1. Análise descritiva.....	41
2.3.1.1.1. Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.).....	41
2.3.1.1.2. Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.).....	42
2.3.1.2. Análise multivariada.....	44
2.3.1.2.1. Agrupamento pelo método de Otimização de Tocher	44
2.3.1.2.1.1. Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.).....	44
2.3.1.2.1.2. Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.)	45
2.3.1.2.2. Agrupamento pelo método UPGMA (Método da Ligação Média Entre Grupos).....	46
2.3.1.2.2.1. Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.).....	46
2.3.1.2.2.2. Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.)	47
2.3.1.2.3 Análise de Componentes Principais (ACP)	48
2.3.1.2.3.1. Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.).....	49
2.3.1.2.3.2. Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.)	51
2.3.1.2.4. Contribuição Relativa dos atributos biológicos	52
2.3.1.2.4.1. Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.).....	52
2.3.1.2.4.2. Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.)	53
2.3.2. Atributos químicos do solo	54
2.3.2.1. Análise descritiva.....	54
2.3.2.1.1. pH, matéria orgânica e fósforo solúvel	54
2.3.2.1.1.1. Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.).....	54
2.3.2.1.1.2. Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.)	56
2.3.2.1.2. Cátions do solo.....	59
2.3.2.1.2.1. Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.).....	59
2.3.2.1.2.2. Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.)	62

2.3.2.1.3. Soma de bases (SB), Capacidade de troca de cátions a pH 7 (T), Capacidade efetiva de troca de cátions (t), Saturação de bases (V) e Saturação por alumínio (m).....	64
2.3.2.1.3.1. Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.).....	64
2.3.2.1.3.2. Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.)	66
2.3.2.1.4. Micronutrientes.....	69
2.3.2.1.4.1. Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.).....	69
2.3.2.1.4.2. Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.)	70
2.3.2.2. Análise multivariada.....	72
2.3.2.2.1. Agrupamento pelo método de Otimização de Tocher	72
2.3.2.2.1.1. Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.).....	72
2.3.2.2.1.2. Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp)	74
2.3.2.2.2. Agrupamento pelo método UPGMA	75
2.3.2.2.2.1. Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.).....	75
2.3.2.2.2.2. Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp)	78
2.3.2.2.3. Análise de Componentes Principais (ACP)	81
2.3.2.2.3.1. Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.).....	81
2.3.2.2.3.1.1. Profundidade de 0 a 10 cm.....	81
2.3.2.2.3.1.2. Profundidade de 10 a 20 cm.....	83
2.3.2.2.3.1.3. Profundidade de 20 a 40 cm	85
2.3.2.2.3.2. Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.)	87
2.3.2.2.3.2.1. Profundidade de 0 a 10 cm.....	87
2.3.2.2.3.2.2. Profundidade de 10 a 20 cm.....	89
2.3.2.2.3.2.3. Profundidade de 20 a 40 cm.....	91
2.3.2.2.4. Contribuição Relativa dos atributos químicos do solo	93
2.3.2.2.4.1. Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.).....	93
2.3.2.2.4.2. Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.)	94
2.3.3. Granulometria do solo.....	95
2.3.3.1. Análise descritiva.....	95
2.3.3.1.1. Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.).....	95
2.3.3.1.2. Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.).....	97
2.3.3.2. Análise multivariada.....	98
2.3.3.2.1. Agrupamento pelo método de Otimização de Tocher	98
2.3.3.2.1.1. Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.).....	98

2.3.3.2.1.2. Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.)	99
2.3.3.2.2. Agrupamento pelo método UPGMA	100
2.3.3.2.2.1. Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.).....	100
2.3.3.2.2.2. Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.)	102
2.3.3.2.3. Análise de Componentes Principais (ACP)	103
2.3.3.2.3.1. Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.).....	103
2.3.3.2.3.2. Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.)	105
2.3.3.2.4. Contribuição Relativa da granulometria do solo	107
2.3.3.2.4.1. Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.).....	107
2.3.3.2.4.2. Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.)	107
2.4. Conclusões	108
2.5. Referências	109
CAPÍTULO 3 – DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE PROCEDÊNCIAS DE CAJUZINHO-DO-CERRADO E GABIROBEIRAS POR MEIO DE MARCADORES ISSR.....	117
RESUMO	117
SUMMARY	118
3.1. Introdução	119
3.2. Material e métodos.....	120
3.2.1. Descrição da coleta	120
3.2.2. Extração de DNA Genômico.....	122
3.2.3. Reações de Amplificação e obtenção dos dados moleculares	123
3.2.4. Seleção de <i>primers</i> para a obtenção dos marcadores ISSR	123
3.2.5. Análise estatística	124
3.3. Resultados e discussão	126
3.3.1. Porcentagem de polimorfismo	126
3.3.1.1. Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.)	126
3.3.1.2. Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.).....	127
3.3.2. Diversidade genética baseada em Marcadores ISSR.....	128
3.3.2.1. Agrupamento pelo método de Otimização de Tocher	128
3.3.2.1.1. Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.).....	128
3.3.2.1.2. Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.).....	130

3.3.2.2. Agrupamento pelo método UPGMA	131
3.3.2.2.1. Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.).....	131
3.3.2.2.2. Gabiobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.).....	132
3.3.2.3. Análise de Coordenadas Principais (ACP)	133
3.3.2.3.1. Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.).....	133
3.3.2.3.2. Gabiobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.).....	135
3.4. Conclusões	137
3.5. Referências.....	138
CAPITULO 4 – IMPLICAÇÕES	141

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Georeferenciamento dos ambientes com ocorrência natural de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) utilizados no estudo.....37
- Tabela 2.** Georeferenciamento dos ambientes com ocorrência natural de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.) utilizados no estudo38
- Tabela 3.** Valores médios, mínimos, máximos, coeficientes de variação, variâncias e desvios padrões dos atributos biológicos do solo na profundidade de 0 a 10 cm nos ambientes de estudo com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)41
- Tabela 4.** Valores médios, mínimos, máximos, coeficiente de variação, variância e desvio padrão dos atributos biológicos do solo na profundidade de 0 a 10 cm nos ambientes de estudo com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)43
- Tabela 5.** Formação dos grupos pelo método de Otimização de Tocher com base nos três atributos biológicos do solo (carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo e respiração do solo) para os 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)45
- Tabela 6.** Formação dos grupos pelo método de Otimização de Tocher com base nos três atributos biológicos do solo (carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo e respiração do solo) para os 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)45
- Tabela 7.** Análise de componentes principais (autovalores, variância e variância acumulada), gerada a partir dos 3 atributos biológicos do solo (carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e respiração do solo) para os 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)49
- Tabela 8.** Análise de componentes principais (autovalores, variância e variância acumulada), gerada a partir dos 3 atributos biológicos do solo (carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e respiração do solo) para os 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)51
- Tabela 9.** Contribuição relativa dos 3 atributos biológicos do solo para a dissimilaridade dos 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)53

- Tabela 10.** Contribuição relativa dos 3 atributos biológicos do solo para a dissimilaridade dos 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.).....53
- Tabela 11.** Valores médios, mínimo, máximo, coeficiente de variação, variância e desvio padrão para pH, matéria orgânica e fósforo solúvel no solo, na profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm em diferentes ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)54
- Tabela 12.** Valores médios, mínimo, máximo, coeficiente de variação, variância e desvio padrão para pH, matéria orgânica e fósforo solúvel no solo, nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm em diferentes ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.).....57
- Tabela 13.** Valores médios, mínimo, máximo, coeficiente de variação, variância e desvio padrão para cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), alumínio (Al) e H + Al no solo nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm em 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)60
- Tabela 14.** Valores médios, mínimo, máximo, coeficiente de variação, variância e desvio padrão para cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), alumínio (Al) e H + Al no solo nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm em 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)62
- Tabela 15.** Valores médios, mínimo, máximo, coeficiente de variação, variância e desvio padrão para soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T), CTC efetiva (t), saturação de bases (V), saturação por alumínio (m) no solo, nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm em diferentes ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)65
- Tabela 16.** Valores médios, mínimos, máximos, coeficientes de variação, variâncias e desvios padrões para soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (T) a pH 7, CTC efetiva (t), saturação de bases (V), saturação por alumínio (m) no solo na profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm em diferentes ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)67

- Tabela 17.** Valores médios, mínimo, máximo, coeficiente de variação, variância e desvio padrão para cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mg) e zinco (Zn) no solo nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm em diferentes ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)69
- Tabela 18.** Valores médios, mínimo, máximo, coeficiente de variação, variância e desvio padrão para cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mg) e zinco (Zn) no solo nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm em diferentes ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)71
- Tabela 19.** Formação dos grupos pelo método de Otimização de Tocher com base nos 17 atributos químicos do solo nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm para os 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)73
- Tabela 20.** Formação dos grupos pelo método de Otimização de Tocher com base nos 17 atributos químicos do solo nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm para os 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)74
- Tabela 21.** Análise de componentes principais (autovalores, variância e variância acumulada), gerada a partir dos 17 atributos químicos do solo na profundidade de 0 a 10 cm, para os 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)81
- Tabela 22.** Análise de componentes principais (autovalores, variância e variância acumulada), gerada a partir dos 17 atributos químicos do solo na profundidade de 10 a 20 cm, para os 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)83
- Tabela 23.** Análise de componentes principais (autovalores, variância e variância acumulada), gerada a partir dos 17 atributos químicos do solo na profundidade de 20 a 40 cm, para os 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)85
- Tabela 24.** Análise de componentes principais (autovalores, variância e variância acumulada), gerada a partir dos 17 atributos químicos do solo na profundidade de 0 a 10 cm, para os 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)87

Tabela 25. Análise de componentes principais (autovalores, variância e variância acumulada), gerada a partir dos 17 atributos químicos do solo na profundidade de 10 a 20 cm, para os 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.).....	89
Tabela 26. Análise de componentes principais (autovalores, variância e variância acumulada), gerada a partir dos 17 atributos químicos do solo na profundidade de 20 a 40 cm, para os 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.).....	91
Tabela 27. Contribuição relativa (S.j) dos 17 atributos químicos do solo nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm, para a dissimilaridade dos 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.)	93
Tabela 28. Contribuição relativa (S.j) dos 17 atributos químicos do solo nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm, para a dissimilaridade dos 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.).....	95
Tabela 29. Valores médios, mínimo, máximo, coeficiente de variação, variância e desvio padrão para granulometria do solo na profundidade 0 a 20 cm nos 11 ambientes de estudo com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.)	96
Tabela 30. Valores médios, mínimo, máximo, coeficiente de variação, variância e desvio padrão para granulometria do solo na profundidade 0 a 20 cm nos 10 ambientes de estudo com ocorrência de Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.).....	97
Tabela 31. Formação dos grupos pelo método de Otimização de Tocher com base na granulometria do solo para os 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.).....	99
Tabela 32. Formação dos grupos pelo método de Otimização de Tocher com base na granulometria do solo para os 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.).....	100
Tabela 33. Análise de componentes principais (autovalores, variância e variância acumulada), gerada a partir da granulometria do solo para os 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.).....	103

Tabela 34. Análise de componentes principais (autovalores, variância e variância acumulada), gerada a partir da granulometria do solo para os 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.).....	105
Tabela 35. Contribuição relativa da granulometria do solo para a dissimilaridade dos 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.)	107
Tabela 36. Contribuição relativa da granulometria do solo para a dissimilaridade dos 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.)	107
Tabela 37. Georeferenciamento das procedências de Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.) estudadas	120
Tabela 38. Georeferenciamento das procedências de Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.) estudadas.....	121
Tabela 39. Relação e descrição dos 12 primers ISSR selecionados para as análises moleculares das 11 procedências de Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.) e 10 procedências de Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.)	124
Tabela 40. Marcadores ISSR utilizados na amplificação das procedências de Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.), com suas respectivas sequências	126
Tabela 41. Marcadores ISSR utilizados na amplificação das procedências de Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.), com suas respectivas sequências	127
Tabela 42. Agrupamento pelo método de otimização de Tocher para as 11 procedências de Cajuzinho-do-cerrado (<i>Anacardium humile</i> A. St.- Hil.) e as menores distâncias com as demais procedências, baseado na matriz de dissimilaridade gerada pelo índice de Jaccard, a partir de marcador molecular ISSR	129
Tabela 43. Agrupamento pelo método de otimização de Tocher para as 10 procedências de Gabirobeiras (<i>Campomanesia</i> spp.) e as menores distâncias com as demais procedências, baseado na matriz de dissimilaridade gerada pelo índice de Jaccard, a partir de marcador molecular ISSR	130

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Área territorial dos ambientes de coleta das amostras de solo da espécie Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.).....37
- Figura 2.** Área territorial dos ambientes de coleta das amostras de solo das espécies de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.).....38
- Figura 3.** Dendrograma gerado pelo método UPGMA a partir das dissimilaridades expressas pela distância euclidiana média entre os 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.), a partir dos três atributos biológicos do solo (carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo e respiração do solo).....47
- Figura 4.** Dendrograma gerado pelo método UPGMA a partir das dissimilaridades expressas pela distância euclidiana média entre os 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.), a partir dos três atributos biológicos do solo (carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo e respiração do solo).48
- Figura 5.** Dispersão gráfica de escores dos 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) em relação as duas componentes principais, tendo como base os três atributos biológicos do solo (carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e respiração do solo), sendo: ⁽¹⁾ Jataí; ⁽²⁾ Aporé; ⁽³⁾ Serranópolis; ⁽⁴⁾ Caiapônia-P1; ⁽⁵⁾ Caiapônia-P2; ⁽⁶⁾ Barra do Garças; ⁽⁷⁾ Piranhas; ⁽⁸⁾ Abadiânia-P1; ⁽⁹⁾ Abadiânia-P2; ⁽¹⁰⁾ Mineiros-P1; ⁽¹¹⁾ Mineiros-P2.....50
- Figura 6.** Dispersão gráfica de escores dos 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.) em relação às duas componentes principais, tendo como base os três atributos biológicos do solo (carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e respiração do solo), sendo: ⁽¹⁾ Jataí-P1; ⁽²⁾ Jataí-P2; ⁽³⁾ Aporé; ⁽⁴⁾ Serranópolis; ⁽⁵⁾ Caiapônia; ⁽⁶⁾ Rio Verde; ⁽⁷⁾ Abadiânia; ⁽⁸⁾ Mineiros; ⁽⁹⁾ Perolândia; ⁽¹⁰⁾ Jataí-P3.....52
- Figura 7.** Dendrograma gerado pelo método UPGMA a partir das dissimilaridades expressas pela distância euclidiana média entre os 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.), a partir dos atributos químicos do solo, na profundidade de 0 a 10 cm.....75

- Figura 8.** Dendrograma gerado pelo método UPGMA a partir das dissimilaridades expressas pela distância euclidiana média entre os 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.), a partir dos atributos químicos do solo, na profundidade de 10 a 20 cm.....76
- Figura 9.** Dendrograma gerado pelo método UPGMA a partir das dissimilaridades expressas pela distância euclidiana média entre os 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.), a partir dos atributos químicos do solo, na profundidade de 20 a 40 cm.....77
- Figura 10.** Dendrograma gerado pelo método UPGMA a partir das dissimilaridades expressas pela distância euclidiana média entre os 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.), a partir dos atributos químicos do solo, na profundidade de 0 a 10 cm.78
- Figura 11.** Dendrograma gerado pelo método UPGMA a partir das dissimilaridades expressas pela distância euclidiana média entre os 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.), a partir dos atributos químicos do solo, na profundidade de 10 a 20 cm.79
- Figura 12.** Dendrograma gerado pelo método UPGMA a partir das dissimilaridades expressas pela distância euclidiana média entre os 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.), a partir dos atributos químicos do solo, na profundidade de 20 a 40 cm.80
- Figura 13.** Dispersão gráfica de escores dos 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) em relação as três primeiras componentes principais, tendo como base os atributos químicos do solo na profundidade de 0 a 10 cm, sendo: ⁽¹⁾ Jataí; ⁽²⁾ Aporé; ⁽³⁾ Serranópolis; ⁽⁴⁾ Caiapônia-P1; ⁽⁵⁾ Caiapônia-P2; ⁽⁶⁾ Barra do Garças; ⁽⁷⁾ Piranhas; ⁽⁸⁾ Abadiânia-P1; ⁽⁹⁾ Abadiânia-P2; ⁽¹⁰⁾ Mineiros-P1; ⁽¹¹⁾ Mineiros-P2.82
- Figura 14.** Dispersão gráfica de escores dos 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) em relação as três primeiras componentes principais, tendo como base os atributos químicos do solo na profundidade de 10 a 20 cm, sendo: ⁽¹⁾ Jataí; ⁽²⁾ Aporé; ⁽³⁾ Serranópolis; ⁽⁴⁾ Caiapônia-P1; ⁽⁵⁾ Caiapônia-P2; ⁽⁶⁾ Barra do Garças; ⁽⁷⁾ Piranhas; ⁽⁸⁾ Abadiânia-P1; ⁽⁹⁾ Abadiânia-P2; ⁽¹⁰⁾ Mineiros-P1; ⁽¹¹⁾ Mineiros-P2.84

- Figura 15.** Dispersão gráfica de escores dos 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) em relação as três primeiras componentes principais, tendo como base os atributos químicos do solo na profundidade de 20 a 40 cm, sendo: ⁽¹⁾ Jataí; ⁽²⁾ Aporé; ⁽³⁾ Serranópolis; ⁽⁴⁾ Caiapônia-P1; ⁽⁵⁾ Caiapônia-P2; ⁽⁶⁾ Barra do Garças; ⁽⁷⁾ Piranhas; ⁽⁸⁾ Abadiânia-P1; ⁽⁹⁾ Abadiânia-P2; ⁽¹⁰⁾ Mineiros-P1; ⁽¹¹⁾ Mineiros-P2.....86
- Figura 16.** Dispersão gráfica de escores dos 10 ambientes com ocorrência de Gabiobeiras (*Campomanesia* spp.) em relação às três primeiras componentes principais, tendo como base os atributos químicos do solo na profundidade de 0 a 10 cm, sendo: ⁽¹⁾ Jataí-P1; ⁽²⁾ Jataí-P2; ⁽³⁾ Aporé; ⁽⁴⁾ Serranópolis; ⁽⁵⁾ Caiapônia; ⁽⁶⁾ Rio Verde; ⁽⁷⁾ Abadiânia; ⁽⁸⁾ Mineiros; ⁽⁹⁾ Perolândia; ⁽¹⁰⁾ Jataí-P3.....88
- Figura 17.** Dispersão gráfica de escores dos 10 ambientes com ocorrência de Gabiobeiras (*Campomanesia* spp.) em relação as três primeiras componentes principais, tendo como base os atributos químicos do solo na profundidade 10 a 20 cm, sendo: ⁽¹⁾ Jataí-P1; ⁽²⁾ Jataí-P2; ⁽³⁾ Aporé; ⁽⁴⁾ Serranópolis; ⁽⁵⁾ Caiapônia; ⁽⁶⁾ Rio Verde; ⁽⁷⁾ Abadiânia; ⁽⁸⁾ Mineiros; ⁽⁹⁾ Perolândia; ⁽¹⁰⁾ Jataí-P3.....90
- Figura 18.** Dispersão gráfica de escores dos 10 ambientes com ocorrência de Gabiobeiras (*Campomanesia* spp.) em relação às três primeiras componentes principais, tendo como base os atributos químicos do solo na profundidade de 20 a 40 cm, sendo: ⁽¹⁾ Jataí-P1; ⁽²⁾ Jataí-P2; ⁽³⁾ Aporé; ⁽⁴⁾ Serranópolis; ⁽⁵⁾ Caiapônia; ⁽⁶⁾ Rio Verde; ⁽⁷⁾ Abadiânia; ⁽⁸⁾ Mineiros; ⁽⁹⁾ Perolândia; ⁽¹⁰⁾ Jataí-P3.....92
- Figura 19.** Dendrograma gerado pelo método UPGMA a partir das dissimilaridades expressas pela distância euclidiana média entre os 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.), a partir da granulometria do solo..... 101
- Figura 20.** Dendrograma gerado pelo método UPGMA a partir das dissimilaridades expressas pela distância euclidiana média entre os 10 ambientes com ocorrência de Gabiobeiras (*Campomanesia* spp.), a partir da granulometria do solo..... 102

- Figura 21.** Dispersão gráfica de escores dos 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) em relação as três componentes principais, tendo como base a granulometria do solo, sendo: ⁽¹⁾ Jataí; ⁽²⁾ Aporé; ⁽³⁾ Serranópolis; ⁽⁴⁾ Caiapônia-P1; ⁽⁵⁾ Caiapônia-P2; ⁽⁶⁾ Barra do Garças; ⁽⁷⁾ Piranhas; ⁽⁸⁾ Abadiânia-P1; ⁽⁹⁾ Abadiânia-P2; ⁽¹⁰⁾ Mineiros-P1; ⁽¹¹⁾ Mineiros-P2..... 104
- Figura 22.** Dispersão gráfica de escores dos 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.) em relação às três componentes principais, tendo como base a granulometria do solo, sendo: ⁽¹⁾ Jataí-P1; ⁽²⁾ Jataí-P2; ⁽³⁾ Aporé; ⁽⁴⁾ Serranópolis; ⁽⁵⁾ Caiapônia; ⁽⁶⁾ Rio Verde; ⁽⁷⁾ Abadiânia; ⁽⁸⁾ Mineiros; ⁽⁹⁾ Perolândia; ⁽¹⁰⁾ Jataí-P3. 106
- Figura 23.** Área territorial das procedências de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) estudadas..... 121
- Figura 24.** Área territorial das procedências de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.) estudadas..... 122
- Figura 25.** Dendrograma gerado pelo método UPGMA a partir da matriz de dissimilaridade expressa pelo complemento do índice de Jaccard para as 11 procedências de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.), com base em marcador molecular ISSR..... 132
- Figura 26.** Dendrograma gerado pelo método UPGMA a partir da matriz de dissimilaridade expressa pelo complemento do índice de Jaccard para as 10 procedências de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.), com base em marcador molecular ISSR. 133
- Figura 27.** Dispersão gráfica das 11 procedências de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) obtida pelo método de análise das coordenadas principais, a partir da matriz de dissimilaridade gerada através do índice de Jaccard, sendo: ⁽¹⁾ Jataí; ⁽²⁾ Aporé; ⁽³⁾ Serranópolis; ⁽⁴⁾ Caiapônia-P1; ⁽⁵⁾ Caiapônia-P2; ⁽⁶⁾ Barra do Garças; ⁽⁷⁾ Piranhas; ⁽⁸⁾ Abadiânia-P1; ⁽⁹⁾ Abadiânia-P2; ⁽¹⁰⁾ Mineiros-P1; ⁽¹¹⁾ Mineiros-P2..... 134
- Figura 28.** Dispersão gráfica das 10 procedências de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.) obtida pelo método de análise das coordenadas principais, a partir da matriz de dissimilaridade gerada através do índice de Jaccard, sendo: ⁽¹⁾ Jataí-P1; ⁽²⁾ Jataí-P2; ⁽³⁾ Aporé; ⁽⁴⁾ Serranópolis; ⁽⁵⁾ Caiapônia; ⁽⁶⁾ Rio Verde; ⁽⁷⁾ Abadiânia; ⁽⁸⁾ Mineiros; ⁽⁹⁾ Perolândia; ⁽¹⁰⁾ Jataí-P3. 136

CARACTERIZAÇÃO MOLECULAR E ATRIBUTOS DO SOLO DOS AMBIENTES DE OCORRÊNCIA DE CAJUZINHO-DO-CERRADO E GABIROBEIRAS

RESUMO - Objetivando-se avaliar os atributos biológicos, químicos, granulometria do solo e a divergência genética através de marcadores moleculares ISSR dos ambientes de ocorrência das espécies Cajuzinho-do-cerrado e Gabirobeiras, conduziu-se dois estudos, o primeiro na avaliação da divergência de ambientes por meio dos atributos do solos e o segundo na avaliação da divergência genética por meio de marcadores moleculares ISSR. As expedições foram realizadas em dez municípios: Abadiânia, Aporé, Barra do Garças, Caiapônia, Jataí, Mineiros, Perolândia, Piranhas, Rio Verde e Serranópolis, para a coleta de material vegetal (folhas) e amostras de solo dos ambientes de ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado e Gabirobeiras. Os dados obtidos através de análises das amostras de solo, e os moleculares por meio dos marcadores ISSR, foram submetidos à análise descritiva e multivariada por métodos de agrupamento. Observou-se grande divergência entre os ambientes de ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado e Gabirobeiras por meio dos atributos do solo e por meio dos marcadores ISSR.

Palavras-chave: *Anacardium humile* A. St.- Hil., *Campomanesia* spp, Polimorfismo, solo, *primers*, método de Tocher e UPGMA.

**MOLECULAR CHARACTERIZATION AND SOIL ATTRIBUTES OF
ENVIRONMENTS OCCURRENCE OF CAJUZINHO-DO-CERRADO AND
GABIROBEIRAS**

SUMMARY - Aiming to relate the biological, chemical properties, soil particle size and genetic diversity through molecular markers ISSR of the occurrence of environments Cerrado species of Cajuzinho-do-cerrado and Gabirobeiras it was conducted two studies, the first evaluation of the divergence environments through soil attributes and the second in the evaluation of genetic diversity using molecular markers ISSR. The expeditions were carried out in ten provenances: Abadiânia, Aporé, Barra do Garças, Caiapônia, Jataí, Mineiros, Perolândia, Piranhas, Rio Verde and Serranópolis, to collect plant material (leaves) and soil samples of the occurrence environments of Cajuzinho-do-cerrado and Gabirobeiras. The data obtained through analysis of soil samples, and the molecular through ISSR markers were submitted to descriptive and multivariate analysis by clustering methods. There was wide divergence between the Cajuzinho-do-cerrado and Gabirobeiras occurrence environments through the soil properties and through ISSR markers.

Keywords: *Anacardium humile* A. St.- Hil., *Campomanesia* spp, Polymorphism, soil, primers, method of Tocher and UPGMA.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1. Introdução

O Cerrado brasileiro apresenta ampla distribuição geográfica e diversidade florística, sendo considerado um bioma de grande importância para o país. Classificado como um complexo vegetacional pela variação de suas fitofisionomias, desde paisagens adensadas até mais abertas, mostrando também formas intermediárias. Estudos sobre a flora do Cerrado ressaltam sua riqueza em biodiversidade, com grande endemismo de espécies vegetais (COUTINHO, 1978).

Em decorrência da atual forma de expansão agrícola do Brasil, a paisagem do Cerrado está se resumindo a pequenos fragmentos, cercados de monoculturas. Essa fragmentação, ou a redução no tamanho das populações podem afetar a estrutura genética das populações, pois para a conservação da diversidade genética é necessária à proteção dos ecossistemas (MOURA, 2007).

Outra ameaça ao Cerrado é a exploração de certas espécies nativas, que tem sido feita de forma extrativista e muitas vezes predatória, tornando-se imprescindíveis ações no sentido de se fazer o cultivo e domesticação destas espécies. Entretanto, em muitos casos os cultivos não podem ser realizados em larga escala em decorrência do pouco conhecimento sobre a variabilidade genética, técnicas de cultivo, manejo, crescimento e desenvolvimento dessas espécies (REIS, 1996; SILVA et al., 1997).

Dentre as inúmeras frutíferas nativas que possuem alto potencial para exploração comercial, destaca-se o Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) e as Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.), fontes de energia na alimentação e uso medicinal. Estas espécies, originalmente abundantes em seu habitat em campos do Cerrado, no Centro-Oeste e no Sudeste do Brasil,

encontram-se sob forte pressão devido ao impacto causado pela fragmentação das suas populações, seja pelo extrativismo inadequado, ou pela expansão das fronteiras agrícolas (SILVA et al., 2001).

Estudos sobre a biologia de populações de *Anacardium humile* e *Campomanesia* spp., referentes tanto à estrutura genética quanto ao ambiente de ocorrência, são escassos na literatura. Dessa forma, o trabalho se insere entre os pioneiros para as espécies e, por isso, possui um caráter majoritariamente descritivo, pretendendo abordar dois aspectos:

i) o padrão do ambiente de ocorrência destas espécies, através dos atributos biológicos, químicos e granulometria dos solos;

ii) analisar molecularmente a similaridade genética dos acessos coletados com o uso de marcadores ISSR (*Inter Simple Sequence Repeat*), muito utilizados em estudos de diversidade genética, devido ao grande poder de resolução e detecção de polimorfismo.

Portanto, o estudo da variabilidade genética e o ambientes de ocorrências dessas espécies, pode fornecer subsídios para o melhoramento genético, além de viabilizar a compreensão dos aspectos agronômicos de interesse para o agricultor, principalmente no que se refere ao ambiente adequado para seu desenvolvimento e técnicas de manejo agronômico.

1.2. Revisão de literatura

1.2.1. O Cerrado brasileiro

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro em área, sendo superado apenas pela Floresta Amazônica. Trata-se de um complexo vegetacional que corresponde a 23,1% do território nacional, correspondendo a cerca de 2.045.064 km² (ALVARES et al., 2013).

Estende-se por uma área contínua no Brasil central, com área nuclear no Distrito Federal e nos estados de Goiás e Tocantins (RIBEIRO & WALTER, 1998). Ocupa ainda parte de Minas Gerais e Bahia, leste de Mato Grosso e Mato Grosso do

Sul, expande-se em direção ao litoral do Maranhão e do Piauí, para a região sul de Rondônia, passando pelo centro-oeste do Mato Grosso e o sudoeste do Mato Grosso do Sul, atingindo o leste do Paraguai e Bolívia (CASSAVAN et al., 2006). Cortado por três das maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata), tem índices pluviométricos regulares que lhe propiciam sua grande biodiversidade (RIBEIRO et al., 1981).

Do ponto de vista da diversidade biológica, o Cerrado brasileiro é reconhecido como a savana mais rica do mundo, abrigando nos diversos ecossistemas uma flora com mais de 11.000 espécies de plantas nativas (MENDONÇA et al., 2008), das quais 4.400 são endêmicas (MYERS et al., 2000).

É considerado uma savana neotropical estacional por apresentar gramíneas entre árvores e arbustos, extratos de vegetação comuns nas savanas africanas, e por estar inserido na zona tropical (temperaturas médias entre 20° e 27 °C), com duas estações bem definidas pela pluviosidade (inverno seco, de maio a setembro; e verão chuvoso, de outubro a abril), com médias pluviométricas anuais entre 1.200 a 1.800 mm. Quanto ao relevo, o Cerrado ocupa maciços de planaltos sedimentares e de cimeira, com superfície aplainada e altitudes que variam de 300 a 1.700 m (AB'SÁBER, 2003).

Fisionomicamente, a vegetação deste bioma, em sua maior parte, é rasteira, constituída principalmente por gramíneas, coexistindo com arbustos e árvores esparsas, baixas, tortuosas, de casca grossa, folhas largas e sistema radicular profundo, que permite a absorção da água disponível nos solos abaixo de 2 metros de profundidade, mesmo durante a estação seca (RODRIGUES & CARVALHO, 2001).

São descritos onze tipos principais de vegetação para o Cerrado, enquadrados em formações florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão), savânicas (Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda) e campestres (Campo sujo, Campo limpo e Campo rupestre) (RIBEIRO & WALTER, 2008). A formação mais comum é o chamado Cerrado sentido restrito, uma formação do tipo savana, onde convivem gramíneas com espécies lenhosas (WALTER, 2006).

Com apenas 8,21% de sua totalidade protegida pela legislação ambiental em vigor, suas dimensões têm diminuído nas últimas décadas devido às pressões

antrópicas. Estima-se que 20% das espécies nativas e endêmicas já não ocorram em áreas protegidas (MMA, 2009).

Essa ocupação leva a profundas alterações ambientais, como a descaracterização e destruição da vegetação nativa e mudanças nos atributos do solo, desprezando o potencial de uso das espécies nativas do Cerrado, principalmente as frutíferas (ALGER & LIMA, 2003; ÁVIDOS & FERREIRA, 2003), que apresentam diferentes famílias com sabores peculiares e elevados teores de açúcares, proteínas, sais minerais, ácidos graxos, vitaminas do complexo B e carotenóides (AGOSTINI-COSTA & VIEIRA, 2000; SILVA et al., 2001).

1.2.2. Os solos sob o Cerrado

Os solos sob o Cerrado são formados por diferentes rochas, que datam do período Terciário, apresentando grande variação em suas características morfológicas e físicas (EITEN, 1972). Neste bioma, observa-se que 45,7% dos solos são representados por Latossolos; 15,2% por Neossolos Quartzarênicos; 15,1% por Argissolos; 9,0% por Plintossolos; 7,3% por Neossolos Litólicos; 3,1 % por Cambissolo; 2,5% por Organossolos; 1,7% por Nitossolos Vermelhos e 0,4% por outras classes (CORREIA et al., 2004).

Devido à diversidade de solos presentes no bioma Cerrado e da grande adaptabilidade das plantas nativas a estes tipos de solo, informações sobre exigências nutricionais destas espécies, principalmente das frutíferas nativas são escassas, sendo necessários estudos que mostrem as reais características dos solos nas regiões do Cerrado, onde são encontradas estas espécies.

1.2.3. Frutíferas do Cerrado

A região dos Cerrados ocupa uma área expressiva do território brasileiro. Como consequência de sua extensão, ocorre grande variabilidade de clima e de solos e uma grande diversidade da fauna e da flora, concentrando um terço da

biodiversidade nacional e 5% da flora e da fauna mundial (FALEIRO et al., 2008; RIBEIRO & WALTER, 2008).

Essa diversidade manifesta-se na grande quantidade de espécies potencialmente econômicas que inclui as alimentícias, medicinais, ornamentais, forrageiras, apícolas, produtoras de madeira, cortiça, fibras, óleo, tanino, material para artesanato e outros bens (PEREIRA, 1992; ALMEIDA et al., 1998). Nesse contexto, as frutíferas do Cerrado ocupam lugar de destaque, pois apresentam frutas com sabores marcantes e peculiares, com elevados teores de vitaminas, proteínas, sais minerais e açúcares, entre outros (ALMEIDA et al., 1987; BARBOSA, 1996; SILVA et al., 2001).

Os frutos mais conhecidos do bioma Cerrado, segundo Agostini-Costa et al. (2006), são: Araticum (*Annona crassiflora*); Bacuri (*Platonia insignis*); Baru (*Dipteryx alata*); Buriti (*Mauritia flexuosa*); Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile*); Cocolindaiá (*Attalea geraensis*); Coco-guariroba (*Syagrus oleracea*); Coquinho (*Syagrus flexuosa*); Curriola ou Grão-de-galo (*Pouteria ramiflora*); Fruta-de-ema (*Parinari obtusifolia*); Gabiroba ou Guavira (*Campomanesia* spp.); Gravatá (*Bromelia balansae*); Guapeva (*Pouteria* cf. *gardneriana*); Ingá (*Inga alba*); Jacaratiá (*Jacaratia heptaphylla*); Jatobá (*Hymenaea stigonocarpa*, *H. stilbocarpa*, *H. coubaril*); Jenipapo (*Genipa americana*); Jeriva (*Syagrus romanzoffana*); Mangaba (*Hancornia speciosa*); Melancia-do-cerrado (*Melacium campestre*); Murici (*Byrsonima coccolobifolia*, *B. crassa*, *B. pachyphylla*, *B. umbelata*, *B. variabilis*); Murici ou Muricizão (*Byrsonima verbascifolia*); Murta (*Eugenia puniceifolia*); Mutamba ou Embira (*Guazuma ulmifolia*); Pequi (*Caryocar brasiliense*, *C. coriaceum*); Pêra-do-cerrado (*Eugenia klotzchiana*); Pitanga-vermelha (*Eugenia calycina*); Pitanga-roxa (*Eugenia uniflora*); Pitomba-da-mata (*Talisia esculenta*) e Pitomba-de-leite (*Manilkara* spp).

A exploração das fruteiras nativas do Cerrado dá-se principalmente de forma extrativista e predatória (DONADIO et al., 2002), e mesmo existindo plantios racionais e tecnificados, muitas espécies são pouco conhecidas, apesar de seu grande potencial (LEDERMAN et al., 2000). Dentre as frutíferas nativas pouco estudadas que apresentam características que indicam potencial para uso sustentável pelos produtores locais e pela indústria, e que se encaixam como espécies perenes susceptíveis a extinção, estão *Anacardium humile*, da família Anacardiaceae e a *Campomanesia* spp., da família Myrtaceae.

1.2.4. Aspectos gerais do Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.-Hil.)

A família Anacardiaceae compreende 81 gêneros e 873 espécies tropicais, subtropicais e temperadas (APG, 2009). No Brasil, o gênero *Anacardium* apresenta nove espécies e, destas, a espécie *Anacardium humile* A. St.-Hil., popularmente conhecido como Cajuí, Cajuzinho-do-cerrado ou Cajuzinho-do-campo se destaca devido seu potencial para introdução ao cultivo (SILVA-LUZ & PIRANI, 2010).

O Cajuzinho-do-cerrado é uma espécie perene, nativa das áreas abertas do Cerrado do país (Cerrado sentido restrito, campo sujo e campo limpo). Ocorre com frequência nos estados da Bahia, Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do sul, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Piauí, Rondônia e Tocantins. À primeira vista, é uma planta de porte baixo, com folhas coriáceas e inflorescência terminal, no entanto, sua forma de vida é caméfito, caracterizando-se por apresentar estruturas arbóreas aéreas com estrutura de vida subterrânea (LORENZI, 2006; SILVA-LUZ & PIRANI, 2010).

De acordo com López-Naranjo (1975), o corpo subterrâneo ou hipógeo do Cajuzinho-do-cerrado é formado pelo sistema de raízes principais e secundárias e pelo sistema caulinar, composto por troncos e ramos. O sistema radicular é composto por uma raiz principal ortotrópica, que se estende até grandes profundidades e pelas raízes secundárias, que emergem da principal no sentido oblíquo a profundidades geralmente superiores a 1,5.

O tronco apresenta comportamento ortotrópico e crescimento em profundidade, e sua função biológica primária restringe-se ao transporte de substâncias do sistema radicular aos ramos e folhas, uma vez que a função de sustentação foi eliminada pelo suporte que o solo dá à copa da planta. Outra função desempenhada pelo tronco é o armazenamento de água e de amido, que confere à espécie maior resistência às secas e queimadas (GRANDO, 2009). O corpo aéreo ou epígeo é formado das folhas e flores que afloram na superfície do solo, possuindo comportamento ortotrópico e crescimento apical (LÓPEZ-NARANJO, 1975; LÓPEZ-NARANJO & PERNÍA, 1990).

Com relação às folhas do Cajuzinho-do-cerrado, estas são alternas simples, sem estípulas, coriáceas, de 10 a 40 cm de comprimento, com pecíolo de 2 a 15 mm de comprimento. A venação é pinada, com nervura principal desenvolvida e saliente

na superfície abaxial, e nervuras laterais arqueadas e ramificadas próximas das margens. Possui filotaxia espiralada e orientação tendendo à vertical, a qual atua como uma cobertura protetora do ápice vegetativo (ALMEIDA et al., 1998; LORENZI, 2006). Outra característica marcante é o fato da planta ser heliófila (HOEHNE, 1979).

O Cajueiro tem seu sistema reprodutivo predominantemente alógamo. Os órgãos reprodutivos da espécie possuem inflorescência terminal na forma de panícula (BARROS & CRISÓSTOMO, 1995). Suas flores são melíferas, perfumadas e seu principal polinizador é a abelha, sendo *Apis melifera* a espécie mais comum (ALMEIDA et al., 1998; LORENZI, 2006). Almeida et al. (1998) dividiram as flores em estaminadas (oito a dez estames, com antese diurna) e monóclinas (ovário súpero com um óvulo lateral), sendo que a inflorescência é de proporção de 4:1 em ambas. De acordo com os mesmos autores, esta proporção é uma das razões da baixa produção de frutos por planta, uma vez que, nas flores estaminadas, somente um entre oito a dez estames é fértil. Outra razão é a tendência dos grãos de pólen dos estames de se manterem aderentes à antera, mesmo depois da deiscência, e a incapacidade de algumas flores monóclinas em se transformarem em fruto, apesar do grande número de flores por inflorescência (FERRÃO, 1995).

O fruto verdadeiro é uma núcula reniforme, com pericarpo duro e seco, de cor parda, alcançando o seu tamanho final antes mesmo do pedicelo se tornar espessado e modificado na forma de uma baga (BARROSO et al., 1999). As núculas possuem uma das características mais marcantes da família Anacardiaceae, que são canais ou cavidades de goma-resina, bastante desenvolvidos e geralmente associados ao floema, ocupando quase todo o mesocarpo (MACHADO & CARMELLO-GUERREIRO, 2001).

Junto ao fruto, encontra-se o pedúnculo superdesenvolvido, o pseudofruto, que apresenta coloração amarelo-avermelhada, sabor adocicado (LORENZI, 2006) e acidez levemente maior que de *A. occidentale* L. (ALMEIDA et al., 1998). Estas características são atrativas para diversos animais, que ingerem o fruto verdadeiro juntamente com o pseudofruto, promovendo a dispersão da espécie no ambiente. A dispersão zoocórica é realizada principalmente por canídeos silvestres neotropicais, como a raposa-do-campo (*Lycalopex vetulus*) e o lobo-guará (*Chrysocyum brachiaru*) que são considerados recolonizadores de áreas abertas por atividade humana (DALPONTE & LIMA, 1999).

Os frutos e pseudofrutos também são consumidos por populações humanas próximas das áreas de ocorrência da espécie, sendo o Cajuzinho-do-cerrado classificado como uma fruteira tropical. O pseudofruto pode ser consumido *in natura* ou utilizado na confecção de doces e compotas, e o fruto é consumido torrado (ALMEIDA et al., 1998; LORENZI, 2006). O óleo encontrado na castanha é corrosivo e volátil, contendo cardol e ácido anacárdico, considerados de uso medicinal, com ação antisséptica e cicatrizante (BARROSO et al., 1999).

O Cajuzinho-do-cerrado apresenta fases curtas de floração e frutificação, que coincidem, respectivamente, com o final de períodos secos do ano e início de períodos chuvosos, isso ocorre, pois a frutificação pode ficar comprometida pela ocorrência de pragas e doenças (FROTA, 1988; DALPONTE & LIMA, 1999). Os períodos de floração da espécie iniciam-se em julho, concentrando-se nos meses de agosto e setembro. Para frutificação, os períodos de amadurecimento dos frutos iniciam-se em agosto, com pico em setembro e término ao final de outubro (ALMEIDA et al., 1998; DALPONTE & LIMA, 1999; BATALHA & MANTOVANI, 2000; LORENZI, 2006).

Devido ao crescimento subterrâneo dos caules e ramos do Cajuzinho-do-cerrado, há dificuldade na separação das plantas em campo. Esta distinção pode ser facilitada pela visualização da área da copa, que mostra contorno aproximadamente circular, porém, esta pode chegar a 200 m², o que indica que a sobreposição de indivíduos pode ser frequente (LÓPES–NARANJO, 1975; GALETTI et al., 2003).

1.2.5. Aspectos Gerais do Gênero *Campomanesia*

A família Myrtaceae é umas das mais importantes e características da flora brasileira, apresentando potencial e significativo interesse econômico para o Brasil. Compreende cerca de 132 gêneros e mais de 5600 espécies (JORGE et al., 2000; LIMA et al., 2011). Para o Brasil são citados 24 gêneros e 927 espécies (SOBRAL et al., 2010). Nas áreas abertas do país, especialmente no Cerrado, ganham importância os gêneros *Psidium* e *Campomanesia* (SOUZA & LORENZZI, 2005).

O gênero *Campomanesia* é composto por espécies arbóreas e arbustivas, distribuídas amplamente do Norte da Argentina a Trinidad e Tobago, e da Costa do

Brasil até os Andes do Peru, Equador e Colômbia. As árvores são encontradas nas florestas subtropicais e tropicais do leste do Brasil, norte da Argentina e nos Andes, já os arbustos ocorrem nos campos e Cerrados do interior do Brasil (LANDRUM, 1986). Possui cerca de 30 espécies, sendo que 24 delas no Brasil (LANDRUM & KAWASAKI, 1997). As plantas arbóreas medem entre 8 e 15 m, podendo chegar a 25 m, e as arbustivas, entre 0,80 e 1,5 m, ocorrendo normalmente em moitas. Durante o período de inverno, há caducifolia e, na primavera, as plantas rebrotam e florescem abundantemente (ALMEIDA et al., 2000).

Dentro do gênero *Campomanesia* encontram-se várias espécies, sendo que a Flora Integrada da Região Centro-Oeste (FLORESCER, 2016), que disponibiliza dados da flora da região Centro-Oeste e Tocantins, apresenta registros de coletas de sete espécies no estado de Goiás: *C. adamantium*, *C. cavalcantina*, *C. eugenioides*, *C. pubescens*, *C. sessiliflora*, *C. velutina* e *C. xanthocarpa*. Estas espécies possuem várias sinonímias como gabirola, guabirola, guabirola-do-campo, guariorla e guavira (PELLOSO, 2011).

A inflorescência da Gabirola apresenta-se em racemo axilar altamente modificado, no qual a ráquis continua o crescimento vegetativo e produz folhas normais abaixo de cada botão, de modo a aparecer um ramo vegetativo normal com uma série de flores ou frutos axilares isolados (racemo precoce) (PROENÇA, 1994).

Suas flores são pequenas de coloração creme-esbranquiçada e hermafroditas. Sendo os insetos responsáveis pela polinização das flores, destacando as abelhas como principais agentes polinizadoras (ALMEIDA et al., 2000). A floração ocorre entre agosto a novembro e a frutificação entre setembro a novembro, começando a produzir frutos em média um a dois anos depois do plantio (LORENZI et al., 2006).

Seus frutos são arredondados e de coloração verde-amarelada. Polpa amarelada, suculenta, envolvendo numerosas sementes (AVIDOS & FERREIRA, 2003). Produz frutos com dimensões de 14,65 mm a 24,04 mm de comprimento por 14,88 a 21,60 mm de diâmetro (ASSIS, 2011).

A principal forma de multiplicação das espécies do gênero *Campomanesia* é feita por meio de sementes (LORENZI et al., 2006). Melchior et al. (2006), constataram que a espécie *Campomanesia adamantium* pode ser classificada como recalcitrante, por não suportar armazenamento, baixa temperatura e ser intolerante à dessecação. Esta espécie também apresentou maiores taxas de germinação,

quando realizou-se a semeadura das sementes, logo após a retirada das mesmas do fruto. Em virtude da recalcitrância torna-se inviável a conservação de recursos genéticos via sementes, tornando-se necessários mecanismos “In vivo” ou “In vitro”.

Os frutos de Gabirobeiras apresentam interessantes propriedades aromáticas (exalam aroma cítrico) que os favorecem como agentes flavorizantes em alimentos e bebidas (ADATI, 2001). Os frutos são ricos em vitamina C, podendo ser consumidos ao natural, na forma de sucos, sorvetes, picolés, doces, geleias e licores (ÁVIDOS & FERREIRA, 2003).

Estas são consideradas medicinais por suas propriedades antidiarreicas, depurativa, antirreumática, indicada para redução do nível de colesterol no sangue, sendo suas cascas e folhas usadas sob a forma de chás (BIAVATTI et al., 2004). As folhas são utilizadas na medicina popular para desarranjos estomacais, como anti-inflamatória e antisséptica das vias urinárias (PIVA, 2002; LORENZI et al., 2006).

1.2.6. Marcadores moleculares e a diversidade genética

A diversidade genética ou a variabilidade é a multiplicidade de frequências alélicas presentes em um grupo de indivíduos, o qual, junto com o ambiente, fornece a natureza do fenótipo. Esta pode ocorrer em diferentes níveis: a) de espécies dentro de ecossistemas, b) de populações dentro de espécies e c) de indivíduos dentro de populações da espécie. A caracterização desses diferentes níveis de diversidade é imprescindível para o planejamento da caracterização e conservação genética (KAGEYAMA, 1987; CARDONA, 2010).

Considera-se que a diversidade genética é a porção hereditária de uma variação possível de ser observada e mensurada, sendo empregada como termo alternativo para representar a variação genética, indicando o somatório da informação genética conhecida e potencial de indivíduos, grupos de indivíduos, populações ou subpopulações (VILELA-MORALES et al., 1997).

Essa diversidade é avaliada a partir de características agronômicas, morfológicas, moleculares, entre outras, sendo que as informações obtidas com as avaliações são expressas em medidas de dissimilaridade, que representam a diversidade no conjunto de acessos estudados (CRUZ et al., 2012).

Na avaliação da diversidade genética, destacam-se os marcadores moleculares, pois, quando comparados com outros tipos de marcadores, apresentam número de locos polimórficos, o que permite a distinção entre acessos, mesmo com morfologia similar (MOULIN et al., 2012).

A técnica de PCR baseia-se na duplicação quantitativa da molécula de DNA por meio de sua replicação *in vitro*. Esta técnica possibilitou o desenvolvimento e aplicação de marcadores moleculares, para estudos específicos de sequências desejadas, clonagem de genes, construção de árvores filogenéticas, genes condicionantes de características de interesse e mapeamento genômico (OLIVEIRA, 2010). Além destas, a utilização dos marcadores em estudos populacionais de espécies arbóreas tem demonstrado tratar-se de ferramenta com grande poder de discriminação (FREITAS et al., 2005).

Define-se como marcador molecular qualquer fenótipo molecular originário de um gene expresso ou de um determinado segmento de DNA, que corresponda a uma região expressa ou não do genoma (FERREIRA & GRATTAPAGLIA, 1998). Outra definição é que marcadores moleculares de DNA são segmentos de DNA vinculados a locos, que originam a característica de interesse (ALZATE-MARIN et al., 2005). Essa tecnologia possibilita caracterizar e identificar espécies de tal forma que expõem as mínimas diferenças existentes entre genótipos (MORAIS & MELO, 2011).

A interpretação dos resultados é dada pela diferença eletroforética das bandas, onde bandas posicionadas em locais distintos representam número díspar de pares de bases. A segregação dos marcadores é dependente de polimorfismo, portanto quanto mais alto grau de polimorfismo dos marcadores moleculares melhor a sua eficiência, refletindo em mais bandas que variam quanto à posição, por isso são ditas bandas polimórficas (HOFFMAN & BARROSO, 2006).

Embora exista grande número de marcadores genético-moleculares, o princípio da análise desses marcadores é o mesmo: marcadores comuns aos acessos significam semelhança genética e marcadores não comuns significam diferenças genéticas. Cada tipo de tecnologia da genética molecular permite a obtenção de grande número de marcadores genético-moleculares que representa uma amostra considerável do genoma de cada acesso sem influência do ambiente. Na maioria das análises realizadas, cada marcador genético-molecular representa

um caráter fenotípico distinto e independente dos demais (FERREIRA & GRATTAPAGLIA, 1998; FALEIRO, 2007).

O primeiro passo para a análise dos marcadores genético-moleculares é a codificação dos fragmentos moleculares em dados binários (no caso de marcadores dominantes). O segundo passo é utilizar os dados codificados para a estimativa de índices de similaridade ou de distância genética entre cada par de acessos. Com base nos índices, estabelece-se uma matriz de similaridade ou de distância entre os acessos, a qual vai servir de base para as análises de agrupamento, normalmente baseados em métodos hierárquicos que podem utilizar diferentes critérios de agrupamento (FALEIRO, 2007). No caso de análise de dispersão dos acessos, o método mais utilizado é aquele baseado em escalas multidimensionais por meio das coordenadas principais (PCDA – *principal coordinates analysis*) (GOWER, 1966). Para análise de marcadores moleculares, existem softwares como GENES (CRUZ, 1997), STATISTICA (STATSOFT, 1999), NTSYS (ROHLF, 1992), SAS (SAS INSTITUTE, 1989) disponíveis.

Os tipos de marcadores moleculares disponíveis diferenciam-se pela metodologia empregada na análise. Atualmente, os marcadores moleculares mais expressivos são classificados em dois grupos de acordo com a metodologia seguida para identificá-los. Desta forma temos os marcadores baseados em hibridização e baseados na amplificação por PCR (*Polymerase Chain Reaction*) de DNA. Os marcadores identificados por hibridização são os marcadores RFLP (*Restriction Fragment Length Polymorfism*). Já aqueles marcadores baseados em amplificação por PCR são os do tipo RAPD (*Random Amplified Polymorfic DNA*), AFLP (*Amplified Fragment Length Polymorfism*), Microssatélites ou SSR (*Simple Sequence Repeats*) e ISSR (*Inter Simple Sequence Repeteas*) (MILACH, 1998; MARTINS et. al., 2003).

Deve-se ressaltar que cada marcador tem suas características peculiares que devem ser levadas em consideração na escolha de qual utilizar em uma análise. Os marcadores RAPD são os mais simples e de baixo custo para serem utilizados, no entanto apresentam problemas de repetibilidade. Os marcadores AFLP são extremamente robustos revelando grande quantidade de locos e com alta repetibilidade, no entanto são extremamente elaborados e com custo elevado. Os marcadores microssatélites, uma vez que existam primers disponíveis, são de alta repetibilidade, custo médio, no entanto, o processo para obtenção dos primers é laboriosa e de alto custo. Os marcadores ISSR combinam a facilidade do RAPD com

a robustez dos marcadores AFLP e SSR sendo assim recomendado para trabalhos que requerem confiabilidade aliado a baixo custo nas análises (TIKUNOV et al., 2003; FALEIRO, 2007).

1.2.7. Marcadores ISSR

Alguns marcadores moleculares foram desenvolvidos, visando explorar as repetições microssatélites sem a necessidade de sequenciamento do DNA, pois uma das limitações da utilização dos marcadores microssatélites é a necessidade de conhecer as regiões que franqueiam as repetições para que os *primers* possam ser desenhados. Entre estes marcadores baseados em microssatélites está o marcador ISSR ou também denominado AMP-PCR (Anchored microsatellite-primed PCR) (BORÉM & CAIXETA, 2009).

Os marcadores moleculares ISSR (*Inter Simple Sequence Repeat*) foram desenvolvidos por Gupta et al. (1994) e Zietjiewicz et al. (1994) e são baseados na técnica de PCR. Os produtos da reação de PCR produzidos a partir de ISSR correspondem a sequências de tamanhos diferentes localizadas entre regiões repetidas de microssatélites, idênticas e orientadas em direções opostas. São considerados marcadores semi-arbitrários, obtidos por amplificação de segmentos de DNA via PCR de 100 a 3000 pb, utilizando um único *primer* (oligonucleotídeos complementares para o microssatélite designado), geralmente longo com 14 nucleotídeos no mínimo, constituído de sequências repetidas de di ou trinucleotídeos (GUPTA et al., 1994; WOLFE et al., 1998; FALEIRO, 2007).

Estes podem ser ancorado ou não em uma das extremidades (5' ou 3') com 1 a 4 bases de purina ou pirimidina (LIU & WENDEL, 2001; PATZAK, 2001; SOUZA et al., 2005). Por exemplo, os *primers* (CA)₈RY e (CA)₈RG, em que R é uma purina e Y uma pirimidina, têm como alvo o mesmo número de repetições (oito repetições CA). Diferem no final com um dinucleotídeo parcialmente degenerado. Esses segmentos não repetidos no final do *primer* podem variar possuindo diferentes alvos de repetições CA de diferentes localizações no genoma (ZIETJIEWICZ et al., 1994).

A ancoragem tem como função fixar o pareamento inespecífico. O uso deste marcador torna desnecessário o conhecimento prévio das sequências que

flanqueiam o microssatélite, demandam pouca quantidade de DNA por reação, são facilmente detectados usando poucos equipamentos (WOLFE, 2005).

Devido à herança dominante deste marcador, a presença do fragmento (banda) pode representar o homozigoto dominante ou o heterozigoto, enquanto a ausência pode se dever ao estado homozigoto recessivo (CULLEY & WOLFE, 2001). Os alelos polimórficos ocorrem sempre que em um genoma esteja faltando a sequência repetida ou se tiver uma deleção ou uma inserção que modifica a distância entre as repetições. Também ocorre devido a diferenças no comprimento do microssatélite, principalmente nos *primers* ancorados na posição 5' (GOULÃO & OLIVEIRA, 2001).

As sequências de repetições e de nucleotídeos são selecionadas aleatoriamente. Os múltiplos fragmentos de comprimentos variados, são gerados após a amplificação via PCR usando um primer único de ISSR, podem ser separados e visualizados utilizando técnicas como eletroforese em gel de agarose e detecção com brometo de etídeo ou com azul de bromofenol e *blue green* (JOSHI et al., 2000).

Marcadores ISSR são recomendados para análises de espécies relacionadas evolutivamente, obtendo-se resultados confiáveis, devido sua abundância e dispersão no genoma, sendo marcadores de alta reprodutibilidade, locos polimórficos em quantidades satisfatórias e por apresentarem rapidez em seus resultados com custos razoavelmente menores em comparação aos outros marcadores (RODRIGUES, 2010).

Santana et al. (2011) avaliaram a divergência genética entre acessos de Umbu-Cajazeira, uma árvore da família Anacardiaceae, pertencente ao BAG Fruteiras Tropicais por meio de marcadores ISSR, e constataram a existência de grande variabilidade genética entre os acessos. Onde os 25 *primers* ISSR selecionados, permitiram a obtenção de 249 fragmentos amplificados. E destes 249 fragmentos, 80% geraram polimorfismo, com média de 8 bandas polimórficas por *primer*. Estes resultados evidenciaram a eficiência dos marcadores ISSR na detecção de polimorfismos moleculares em umbu-cajazeira.

Oliveira et al. (2014), compararam a eficiência dos marcadores moleculares ISSR, para avaliar a distância genética entre acessos da espécie cultivada *Psidium guajava* L. (goiaba), e de araçás do gênero *Psidium* provenientes do banco de germoplasma da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF).

Os autores verificaram um nível de polimorfismo elevado, uma vez que, nos 17 marcadores selecionados, foram obtidas 216 bandas polimórficas com a média de 13 por *primer*. Mani et al. (2011), avaliando a distância genética em diferentes espécies de *Psidium* spp., obtiveram um total de 234 bandas polimórficas em 31 marcadores ISSR. Mostrando nestes estudos que os marcadores moleculares foram eficientes em estimar a distância genética intra e interespecífica.

Portanto, sendo considerado um marcador altamente informativo, os marcadores ISSR vêm sendo utilizados em uma grande variedade de estudos mostrando seu grande potencial não só para estudos de diversidade genética, como também em estudos de análises filogenéticas, ou ainda, em genética de populações naturais e artificiais de plantas (WOLFE & LISTON, 1998).

1.2.8. Necessidade nutricional em frutíferas do Cerrado

As discussões sobre a nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado, muitas vezes, enfocam os aspectos de baixa fertilidade dos solos ácidos do bioma, sem a devida atenção às adaptações das plantas nativas, às reservas de nutrientes na biomassa vegetal e os processos envolvidos na ciclagem de nutrientes de ecossistemas naturais. As diferenças entre as plantas nativas do Cerrado e de outros ecossistemas, quanto à nutrição mineral e sua influência no funcionamento e estrutura de ecossistemas naturais raramente são discutidas na literatura (HARIDASAN, 2000).

Entretanto, a despeito dessas espécies serem tolerantes à baixa fertilidade, esse fato não elimina a possibilidade de resposta à fertilização. Em estudos realizados (GARCIA, 1990; BRUFORD, 1993; MORAES, 1994; VILELA & HARIDASAN, 1994; MELO, 1999), algumas espécies têm apresentado respostas diferenciadas à adubação e à calagem.

Para Silva et al. (2001), devido à baixa fertilidade natural, as plantas nativas do Cerrado são, provavelmente, adaptadas às condições de escassez de nutrientes e à presença de alumínio tóxico, associado à acidez. Mas como ainda não se tem dados de pesquisa sobre o potencial de resposta de frutíferas nativas à aplicação de fertilizantes e corretivos de acidez, os autores propõem adubação para o

fornecimento de nutrientes necessários ao bom desenvolvimento inicial das plantas e o estabelecimento no campo.

Entretanto, outros autores consideram que a alteração das condições dos solos do Cerrado, como pH, adubação, bem como o nível de revolvimento do solo, interferem diretamente nas condições de vida dos fungos que convivem com o sistema radicial.

Isso confirma as observações de Naves (1999), de que, quanto mais inadequado o ambiente para a agricultura tradicional no Cerrado, aparentemente mais aumenta a quantidade de espécies e o número de indivíduos da mesma espécie de algumas frutíferas nativas do Cerrado.

Uma evidência indireta da pobreza dos ecossistemas do Cerrado está na baixa produção de serapilheira ao longo do ano. As estimativas de produção de serapilheira no Cerrado variam de 2 a 3 Kg ha⁻¹ano⁻¹. As estimativas para um cerradão é maior (7,8 Kg ha⁻¹ ano⁻¹). Assim, os fluxos de nutrientes durante a reciclagem de biomassa aérea são bem menores no Cerrado e aponta para a necessidade de uma maior longevidade das folhas, para diminuir os custos de investimentos na produção de biomassa (HARIDASAN, 2000).

Estudos realizados para determinar o efeito de doses de nitrogênio (N) e fósforo (P) em mudas de cagaita ou cagaiteira, da família Myrtaceae, mostraram que esta apresentou maior sobrevivência na ausência de adubação nitrogenada (DUBOC & GUERRINI, 2007). Outros autores verificaram que o crescimento relativo de raízes é favorecido em ambientes de deficiência de nitrogênio e de fósforo (CLARKSON, 1985; MARSCHNER et al., 1996). Melo (1999) também concluiu que a adubação com fósforo diminui a matéria seca radicular de mudas de cagaita.

Vieira et al. (2011) avaliaram o efeito de adubação com fósforo e nitrogênio no crescimento, produção de biomassa e composição química da *Campomanesia adamantium* cultivada em vasos. Os autores destacaram que nas condições em que foi conduzido o experimento, para a propagação de plantas da *C. adamantium* até 270 dias de ciclo em vasos preenchidos com Latossolo Vermelho distroférico, deve-se recomendar a adubação com fósforo e nitrogênio.

Com relação à adubação do Cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), Parente e Albuquerque (1972) constataram a importância da adubação com P e K nos primeiros estádios de desenvolvimento das plantas.

Segundo Haridasan (2000) para se compreender a adaptação das espécies nativas aos solos ácidos e pobres do Cerrado é necessário comprovar a resposta da espécie à maior disponibilidade de nutrientes. Sendo assim, estudos iniciais para avaliar a condição dos atributos dos solos no ambiente de ocorrência de *Anacardium humile* e *Campomanesia* spp., se fazem necessários para posteriores recomendações nutricionais e manejo agrônômico.

1.2.9. Estatística multivariada para o estudo da diversidade genética

Na caracterização da diversidade genética das espécies vegetais, os pesquisadores têm o interesse de agrupar genótipos similares, de maneira que as maiores diferenças ocorram entre os grupos formados. Técnicas multivariadas, como análise discriminante, componentes principais, análise de coordenadas principais e de agrupamento, podem ser aplicadas nesse tipo de estudo. A adoção de uma dentre as técnicas citadas varia de acordo com o padrão de resultado desejado e com a informação disponível, seja ela característica morfológica, fisiológica, ecológica ou genético-molecular (DINIZ FILHO, 2000).

A análise multivariada tem por finalidade utilizar diversos caracteres aleatórios para quantificar a divergência entre os tratamentos em estudo. A partir desse tipo de análise é possível estabelecer um coeficiente de distância entre os indivíduos avaliados que permite agrupá-los, assim como detectar o nível de absorção de variância de cada variável avaliada e a relação entre elas (CRUZ et al., 2012).

A estatística multivariada tem a capacidade de estudar todos os descritores como um conjunto sinérgico, oferecendo a maneira mais adequada de selecionar descritores apropriados para se obter a variabilidade entre os tratamentos, e também para se estimar a dissimilaridade entre eles (MARTEL, 2002). Segundo Cruz et al. (2012) a eficiência da análise multivariada depende da quantidade de variação que os descritores selecionados consigam explicar em relação à variabilidade existente nos descritores originais.

Para as espécies perenes têm-se adotado análises de componentes principais, análise de agrupamento e variáveis canônicas, como métodos multivariados (DIAS, 1994; MOURA, 2007). As análises de agrupamento dependem

de uma medida de dissimilaridade que, para variáveis quantitativas, várias medidas estão disponíveis na literatura, dentre elas, pode-se citar a distância Euclidiana média e a distância de Mahalanobis. A escolha de uma ou outra está baseada na presença ou não de delineamento experimental (CRUZ et al., 2012).

Para dados moleculares, obtém-se uma matriz composta por dados binários, representados pelos números 0 (ausência) e 1 (presença de bandas), podendo ser aplicados vários índices de similaridade que variam entre 0 e 1, sendo as dissimilaridades obtidas de seus complementos (CRUZ et al., 2012). Reif et al. (2005) afirmaram que os dados obtidos por marcadores moleculares, permitem a análise apenas pelo uso de coeficientes de similaridade e destacaram três deles como os mais importantes: o de coincidência simples (S_{SM}), o de Jaccard (S_J) e o de Dice ou Nei li (S_D), sendo que os dois últimos não contabilizam valores nulos (00). Relataram, ainda, que complementos aritméticos desses coeficientes representam dissimilaridades ($d = 1 - S$), as quais têm propriedades de distância.

1.2.10. Análise de componentes principais aplicada em estudos dos atributos do solo

Os modelos estatísticos clássicos tornam-se menos sensíveis em sistemas do solo, em razão das particularidades próprias, e não consideram o efeito conjunto de inúmeros fatores e características de cada ambiente ou manejo. Por tais características, a estatística multivariada, em que são utilizados vários atributos, possibilita a formação de agrupamentos de ambientes de ocorrência com características similares, permitindo a obtenção de um melhor entendimento das variações dos processos que ocorrem no solo e a eliminação do tempo usado com atributos que expressam baixa resposta (SENA et al., 2002).

A análise por componentes principais consiste em transformar um conjunto original de variáveis em outro conjunto de dimensão equivalente, mas com propriedades importantes, que são de grande interesse em estudos de atributos do solo. Cada componente principal é uma combinação linear das variáveis originais. Além disso, são independentes entre si e estimadas com o propósito de reter, em

ordem de estimação, o máximo de informação, em termos de variação total, contida nos dados originais (CRUZ et al., 2012).

A viabilidade de utilização dos componentes principais dependerá da possibilidade de resumir o conjunto de variáveis originais em poucos componentes, o que significará ter boa aproximação do comportamento dos indivíduos ou ambientes, oriundo de um espaço bi ou tridimensional (CRUZ et al., 2012).

Cada observação pode ser plotada como um vetor de pontos após a multiplicação por uma matriz de transformação ortogonal. As variáveis são combinadas em eixos principais, mas se não apresentarem combinação linear matricial entre si, será gerada uma matriz de covariância de posto completo, na qual o número de variáveis é igual ao número de componentes principais. Os componentes que apresentam as maiores variâncias apresentam também os maiores autovalores na matriz e são, portanto, os mais importantes (DIAS, 1998). Morrison (1976) sugere que é melhor obter o complexo multivariado logo nos primeiros componentes, desde que seja absorvido 75% ou mais da variância total.

A análise multivariada de componentes principais pode servir para agrupar indivíduos com características semelhantes e estudar suas correlações (MARTIN et al., 2013).

Atualmente são conhecidos efeitos isolados de diferentes manejos e uso do solo nos atributos físicos, químicos e biológicos. No entanto, há a necessidade de avaliar esses atributos em conjunto, principalmente em solos do bioma Cerrado. Assim, a utilização de análise multivariada dos dados poderá indicar diferenças e estabelecer as relações entre os tratamentos e os atributos avaliados, tornando-se uma ferramenta importante na análise das informações obtidas (CRUZ-CASTILHO et al., 1994).

1.2.11. Análise de agrupamento

A análise de agrupamento tem por finalidade reunir, por algum critério de classificação pré-determinado, populações, ambientes, clones, procedências, etc. em grupos, de tal forma que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre os grupos (CRUZ et al., 2012). A análise de agrupamento

permite uma avaliação da similaridade (ou dissimilaridade) entre objetos levando em consideração várias características concomitantemente (SARTORIO, 2008).

A análise de agrupamento (*cluster analysis*) é realizada através de duas etapas: a primeira é gerar uma matriz de distância (de similaridade ou dissimilaridade) entre os indivíduos e a segunda, aplicar um algoritmo de agrupamento na matriz que identifica e reúne grupos homogêneos, os quais podem ser visualizados em forma de dendrograma (CRUZ et al., 2012).

A distância euclidiana é a medida de dissimilaridade mais utilizada para calcular distância entre objetos, pois responde aos princípios geométricos pré-estabelecidos. Como foi desenvolvida para a análise de variáveis quantitativas, ela é sensível às correlações e então restrita a variáveis independentes. Toda variável, além de independente, deve apresentar variância unitária, uma vez que os dados podem ser obtidos em diferentes escalas (DIAS, 1998).

Os métodos de agrupamento classificam-se em dois tipos: os hierárquicos e não hierárquicos. A diferença entre eles está no fato do primeiro envolver a construção de dendrograma, ou seja, os acessos são agrupados por um procedimento que se repete em vários níveis. Dentre as metodologias disponíveis, a média aritmética entre pares não ponderados ou UPGMA (*Unweighted pair group method using arithmetic mean*) tem sido extensivamente utilizada para evidenciar as distâncias obtidas por meio de marcadores moleculares e atributos do solo (CRUZ et al., 2012).

Em relação ao agrupamento não hierárquico, têm-se o método de Otimização de Tocher, o qual estabelece grupos cujas médias das distâncias intragrupos são sempre menores que as distâncias médias intergrupos, formando, assim, grupos homogêneos mutuamente exclusivos entre si (CRUZ, 1990).

Na metodologia de agrupamento de otimização de Tocher, o primeiro grupo é formado a partir da matriz de dissimilaridade, onde identifica-se o par de indivíduos ou ambientes mais próximos. A partir daí, a inclusão de um novo indivíduo neste grupo inicial ou a formação de um segundo grupo é dependente do critério que a distância média intragrupos seja inferior a qualquer distância intergrupo. A inclusão de um novo indivíduo sempre acarreta um acréscimo na distância média intragrupos, assim, a decisão de incluí-lo depende desse acréscimo não superar um determinado limite estabelecido. Em geral, este limite é tomado como sendo o valor máximo de

distância, no conjunto das menores distâncias de cada indivíduo (CRUZ et al., 2012).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo geral

Caracterizar sob condições de cerrado, os solos dos ambientes com ocorrência das espécies Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) e Gabirobeiras (*Campomanesia* spp) e a divergência genética entre plantas das populações.

1.3.2. Objetivos específicos

a) Caracterizar na região Centro-oeste do Brasil os ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado e Gabirobeiras, através de atributos biológicos, químicos e granulometria do solo.

b) Avaliar a divergência entre procedências de Cajuzinho-do-cerrado e Gabirobeiras por meio marcadores moleculares ISSR.

1.4. Referências

- AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza do Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 160 p.
- ADATI, R. T. **Estudo biofarmagnóstico de *Campomanesia phaea* (O. Berg.) Landrum. Myrtaceae**. 2001. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Farmacognosia, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- AGOSTINI-COSTA, T. da S.; SILVA, D. B. da.; VIEIRA, R. F.; FERREIRA, F. R. Espécies de maior relevância para a região centro-oeste. In: VIEIRA, R. F.; COSTA, T. da S. A.; SILVA, D. B. da.; FERREIRA, F. R.; SANO, S. M. (Ed.). **Frutas Nativas da Região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. Cap. 1. p. 11-24.
- AGOSTINI-COSTA, T.; VIEIRA, R. F. **Frutas nativas do cerrado: qualidade nutricional e sabor peculiar**. 2000. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/biotecnologia/artigos_de_biotecnologia/frutas_nativas_do_cerrado:_qualidade_nutricional_e_sabor_peculiar.html>. Acesso em: 10 mar. 2016.
- ALGER, K.; LIMA, A. Políticas públicas e a fragmentação de ecossistemas. In: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. de. (Org.). **Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: MMA/SBF, 2003. Cap. 16. p. 390-420.
- ALMEIDA, M. J. O. de F.; NAVES, R. V.; XIMENES, P. A. Influência das abelhas (*Apis mellifera*) na polinização da gabioba (*Campomanesia* spp.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 30, n. 2, p.25-28, 2000.
- ALMEIDA, S. P. de; SILVA, J. A. da; RIBEIRO, J. F. **Aproveitamento alimentar de espécies nativas dos cerrados: araticum, baru, cagaita e jatoba**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1987. 83 p.
- ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J.F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1998. 464 p.
- ALVARES, C. P.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. de; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v.22, n. 6, p. 711-728, jan. 2013.
- ALZATE-MARIN, A. L.; CERVIGNI, G. D. L.; MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G. Seleção assistida por marcadores moleculares visando ao desenvolvimento de plantas resistentes a doenças, com ênfase em feijoeiro e soja. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 4, p.333-342, fev. 2005.
- APG (ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG

III. **Botanical Journal Of The Linnean Society**, London, v. 161, p.105-121, ago. 2009.

ASSIS, E. S. de. **Diversidade genética de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp) por meio de caracteres morfológicos e marcadores moleculares RAPD**. 2011. 52 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Produção Vegetal, Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2011.

ÁVIDOS, M. F. D.; FERREIRA, L. T. Frutos dos cerrados: Preservação gera muitos frutos. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, v. 15, n. 3, p.36-41, jul./aug. 2000.

ÁVIDOS, M. F. D.; FERREIRA, L. T. Frutos dos Cerrados: Preservação gera muitos frutos. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, v.3, n. 15, p. 36-41, 2003.

BARBOSA, A. S. **Sistema biogeográfico do cerrado**: alguns elementos para a sua caracterização. Goiânia: UCG, 1996. 44 p.

BARROS, L. M.; CRISÓSTOMO, J. R. Melhoramento genético do cajueiro. In: ARAÚJO, J. P.P. de; SILVA, V. V. da. (Ed.) **Cajucultura**: modernas técnicas de produção. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. Cap. 4. p. 73-93.

BARROSO, G. M.; MORIM, M. P.; PEIXOTO, A. L. **Frutos e sementes**: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas. Viçosa: UFV, 1999. 443 p.

BATALHA, M. A.; MANTOVANI, W. Reproductive phenological patterns of Cerrado plant species at the Pé-de-Gigante reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): a comparison between the herbaceous and woody floras. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 60, n. 1, p.129-145, fev. 2000.

BIAVATTI, M. W.; FARIAS, C.; CURTIUS, F.; BRASIL, L. M.; HORT, S.; SCHUSTER, L.; LEITE, S. N.; PRADO, S. R. T. Preliminary studies on *Campomanesia xanthocarpa* (Berg.) and *Cuphea carthagenensis* (Jacq.) J. F. Macbr. aqueous extract: weight control and biochemical parameters. **Journal of Ethnopharmacology**, Amsterdam, v.93, n. 2-3, p.385-389, 2004.

BORÉM, A.; CAIXETA, E. T. **Marcadores moleculares**. Viçosa: UFV, 2009. 532 p.

BRUFORD, G. R. **The effect of fertilizer on the soil and three native species of the cerrado in Central Brazil**. 1993. 136 p. Dissertação (Mestrado) - Oxford Forestry Institute, Oxford University, Oxford 1993.

CARDONA, J. O. Análisis de diversidad genética de las razas colombianas de maíz a partir de datos Roberts et al., (1957) usando la estrategia Ward-MLM. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 2, n. 1, p.199-207, jun. 2010.

CASSAVAN, O.; PINHEIRO S. da; GOMES P.; SENICIATO, T. O ensino de Ciências, a biodiversidade e o Cerrado. In: ARAÚJO, E. S. N. N. de; CALUZI, J. J.;

CALDEIRA, A. M. A. de. (Org.). **Divulgação científica e ensino de Ciências: estudos e experiências.** São Paulo, SP, 2006.

CLARKSON, D. T. Adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade. In: SIMPÓSIO SOBRE RECICLAGEM DE NUTRIENTES E AGRICULTURA DE BAIXOS INSUMOS NOS TRÓPICOS, 1984, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC: SBCS, 1985. p. 45-75.

CORREIA, J. R.; REATTO, A.; SPERA, S. T. Solos e suas relações com o uso e o manejo. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, Ed. (Ed.). **Cerrado: Correção do solo e adubação.** 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. Cap. 1. p. 29-61.

COUTINHO, L. M. O conceito de Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 7, n. 1, p.17-23, 1978.

CRUZ, C. D. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas.** 1990. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. 1990.

CRUZ, C. D. **Programa Genes:** aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 1997. 648 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Viçosa: UFV, v. 1 - 4. Ed. 2012, 514p.

CRUZ-CASTILHO, J. G.; GANESHANANDAM, S.; MACKAY, B. R.; LAWES, G. S.; LAWOKO, C.R.O.O. & WOOLLEY, D. J. Applications of canonical discriminant analysis in horticultural research. **Horticultural Science**, 29:1115-1119, 1994.

CULLEY, T. M.; WOLFE, A. D. Population genetic structure of the cleistogamous plant species *Viola pubescens*, as indicated by isozyme and ISSR molecular markers. **Heredity**, Washington, v. 86, n. 5, p. 545-556, Sept. 2001.

DALPONTE, J.C.; LIMA, E. de S.. Disponibilidade de frutos e a dieta de *Lycalopex vetulus* (Carnivora - Canidae) em um cerrado de Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, n. 2, p.325-332, out. 1999.

DIAS, L. A. dos S. **Divergência genética e fenética multivariada na predição de híbridos e preservação de germoplasma de cacau (*Theobroma cacao* L.).** 1994. 94 f. Tese (Doutorado) – Curso de Genética e Melhoramento de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1994.

DIAS, L. A. S. Análises multidimensionais. In: ALFENAS, A. C. (Ed.). **Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins:** fundamentos e aplicações em plantas e microorganismos. Viçosa: UFV, 1998. p. 405-475.

DINIZ FILHO, J. A. **Métodos filogenéticos comparativos.** Ribeirão Preto: Holos, 2000. 120 p.

DONADIO, L. C.; MÔRO, F. V.; SERVIDONE, A. A. **Frutas Brasileiras**. Jaboticabal: Novos Talentos, 2002. 288 p.

DUBOC, E.; GUERRINI, I. A. **Desenvolvimento inicial e nutrição da cagaita em áreas de Cerrado degradado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 24 p.

EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review**, Brasília, DF, v. 38, n. 2, p.201-341, abr. 1972.

FALEIRO, F. G. **Marcadores genético-moleculares**: aplicados a programas de conservação e uso de recursos genéticos. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 102 p.

FALEIRO, F. G.; GAMA, L. C.; FARIAS NETO, A. L. de; SOUSA, E. dos S. de. O simpósio nacional sobre o cerrado e o simpósio internacional sobre savanas tropicais. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. de (Ed.). **Savanas**: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. Cap. 1. p. 32-46.

FERRÃO, J. E. M. **O cajueiro**. Lisboa: Instituto de Investigação Científica Tropical, 1995. 299 p.

FERREIRA, M. E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA-CENARGEN, 1998. 220 p.

FLORESCER. **Flora Integrada da Região Centro-Oeste**. Universidade de Brasília. Disponível em: <<http://www.florescer.unb.br>>. Acesso em: 05 abr. 2016.

FREITAS, M. L. M.; AUKAR, A. P. de A.; SEBBENN, A. M.; MORAES, M. L. T. de.; LEMOS, E. G. M. Variabilidade genética intrapopulacional em *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. por marcador AFLP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 68, p.21-28, ago. 2005.

FROTA, P. C. E. Clima e fenologia. In: LIMA, V. de P. M. S. **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: BNB-ETENE, 1988. p. 73-80.

GALETTI, M.; PIZO, M. A.; MORELLATO, P. C. Fenologia, frugivoria e dispersão de sementes. In: CULLEN JR. L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. (Org.). **Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Paraná: UFPR, 2003. p. 395-422.

GARCIA, M. A. **Resposta de duas espécies acumuladoras de alumínio a fertilização com cálcio, fósforo e magnésio**. 1990. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia, Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília, 1990.

GOULÃO, L.; OLIVEIRA, C. M. Molecular characterization of cultivars of apple (*Malus x domestica* Borkh.) using microsatellite (SSR and ISSR) markers. **Euphytica**, v. 122, p. 81-89, 2001.

GOWER, J. C. Some distance properties of latent root and vector methods used in multivariate analysis. **Biometrika**, London, v. 53, p. 325-338, 1966.

GRANDO, C. **Aspectos da demografia do Cajueiro-do-campo (*Anacardium humile*) em áreas de Cerrado do Estado de São Paulo e construção de bibliotecas enriquecidas de microssatélites para a espécie**. 2009. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Genética e Melhoramento de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2009.

GUPTA, M.; CHYI Y. S.; ROMERO-SEVERSON, J.; Owen J. L. Amplification of DNA markers from evolutionarily diverse genomes using single primers of simple-sequence repeats. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, n. 89, p.998-1006, dez. 1994.

HANAMASHETTI, S. I.; HEGDE, M.; HIREMATH, I. G.; KHAM, M. M. Effect of different levels of fertilizers on yield of young cashew trees. **South Indian Horticulture**, Coimbatore, v.33, n.3, p.190-192, 1985.

HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v. 12, n. 1, p.54-64, 2000.

HOEHNE, F. C. Enumeração das principais espécies de fruteiras indígenas, pela ordem alfabética das suas famílias. In: HOEHNE, F. C. (Ed.). **Frutas indígenas**. São Paulo: Instituto de Botânica, 1979. p. 13-79.

HOFFMANN, L. V.; BARROSO, P. A. V. **Marcadores Moleculares como Ferramentas para Estudos de Genética de Plantas**. Campina Grande: Embrapa Algodão. (Documentos, 147), 2006. 35 p.

JORGE, L. I. F.; AGUIAR, J. P. L.; SILVA, M. de L. P. Anatomia foliar de pedrahume-caá (*Myrcia sphaerocarpa*, *Myrcia guianensis*, *Eugenia puniceifolia* – Myrtaceae). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 30, n. 1, p.49-57, 2000.

JOSHI, S. P.; GUPTA, V. S.; AGGARWAL, R. K.; RANJEKAR, P. K.; BRAR, D. S. Genetic diversity and phylogenetic relationship as revealed by inter simple sequence repeat (ISSR) polymorphism in the genus *Oryza*. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 100, p. 1311-1320, 2000.

KAGEYAMA, P. Y. Conservação "*in situ*" de recursos genéticos de plantas. **IPEF**, Piracicaba - SP, n. 35, p.7-37, abr. 1987.

LANDRUM, L. R. **Flora Neotropica - Monograph 45: *Campomanesia*, *Pimenta*, *Blepharocalyx*, *Legrandia*, *Acca*, *Myrrhinium*, and *Luma* (Myrtaceae)**. New York: Organization For Flora Neotropica, 1986. 178 p.

LANDRUM, L. R.; KAWASAKI, M. L. The Genera of Myrtaceae in Brazil: An illustrated synoptic treatment and identification keys. **Brittonia**, New York, v. 49, n. 4, p.508-536, dez. 1997.

LEDERMAN, I. E.; SILVA JÚNIOR, J. F. da; BEZERRA, E. F.; ESPÍNDOLA, A. C. M. **Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes)**. Jaboticabal-SP: Funep, 2000. 35 p.

LIMA, D. F.; GOLDENBERG, R.; SOBRAL, M. O gênero *Campomanesia* (Myrtaceae) no estado do Paraná, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 62, n. 3, p.683-693, jun. 2011.

LIU, B.; WENDEL, J. F. Intersimple sequence repeat (ISSR) polymorphisms as a genetic marker system in cotton. **Molecular Ecology Notes**, v.1, p. 205-208, 2001.

LÓPEZ-NARANJO, H. J. **Estrutura morfológica de *Anacardium humile* A. St. Hill. (Anacardiaceae)**. 1975. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

LÓPEZ-NARANJO, H.J.; PERNÍA, N. E. de. Anatomia y ecologia de los organos subterráneos de *Anacardium humile* St. Hill. (Anacardiaceae). **Revista Forestal Venezolana XXIV**, Mérida, v. 24, n. 4, p.55-76, abr. 1990.

LORENZI, H. **Frutas Brasileiras**. Nova Odessa: Plantarum, 2006. 627 p.

LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas: de consumo in natura**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 672 p.

MACHADO, S. R.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. Estrutura e desenvolvimento de canais secretores em frutos de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). **Acta Botanica Brasílica**, São Paulo, v. 15, n. 2, p.189-195, mar. 2001.

MANI, A.; MISHRA, R.; THOMAS, G. Elucidation of diversity among *Psidium* Species using morphological and SPAR methods. **Journal of Phytology**, Allahabad, v. 3, n. 8, p.53-61, 2011.

MARSCHNER, H.; KIRKBY, E. A.; CAKMAK, I. Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photoassimilates and cycling of mineral nutrients. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 47, p. 1255-1263, 1996.

MARTEL, J. H. I. **Caracterização de germoplasma de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) por descritores morfológicos**. 2002. 90 f. Tese (Doutorado) - Curso de Genética e Melhoramento de Plantas, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

MARTIN, M. Z.; MAYES, M. A.; HEAL, K. R.; BRICE, D. J.; WULLSCHLEGER, S. D. Investigation of laser-induced breakdown spectroscopy and multivariate analysis for differentiating inorganic and organic C in a variety of soils Spectrochimica. **Acta Part B: Atomic Spectroscopy**, v.87, p.100-107, 2013.

MARTINS, C. M.; XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G. **Utilização de RAPD como marcador molecular em plantas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia. (Documentos, 166), 2003. 39 p.

MELCHIOR, S. J.; CUSTÓDIO, C. C.; TADEU, A. M.; MACHADO NETO, N. B. Colheita e armazenamento de sementes de gabioba (*Campomanesia adamantium* Camb. – Myrtaceae) e implicações na germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 28, n. 3, p.141-150, dez. 2006.

MELO, J. T. de. **Respostas de espécies do Cerrado a nutrientes em Latossolo vermelho escuro**. 1999. 104 f. Tese (Doutorado) – Curso de Ecologia, Ecologia, Universidade Federal de Brasília, Brasília, 1999.

MENDONÇA, R. C. de; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA JUNIOR, M. C. da; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E. Flora vascular do bioma cerrado: checklist com 12.356 espécies. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. v.2. p. 423 - 442.

MILACH, S. C. K. **Marcadores moleculares em plantas**. Porto Alegre: UFRGS, 1998. 141 p.

Ministério do Meio Ambiente (Brasil). **Relatório técnico de monitoramento do bioma Cerrado, 2002 a 2008: dados revisados**. Brasília, DF: CSR/IBAMA, 2009. 70 p.

MORAES, C. D. A. **Resposta de algumas espécies arbóreas nativas do Cerrado à adubação e calagem**. 1994. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia, Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília, 1994.

MORAIS, T. P. de; MELO, B. de. Biotecnologia aplicada ao melhoramento genético do cafeeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p.753-760, 2011.

MORRISON, D.F. **Multivariate statistical methods**. New York: McGraw-Hill, 1976. 222 p.

MOULIN, M. M.; RODRIGUES, R.; GONÇALVES, L. S. A.; SUNDRÉ, C. P.; PEREIRA, M. G. A comparison of RAPD and ISSR markers reveals genetic diversity among sweet potato landraces (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 34, n. 2, p.139-147, 2012.

MOURA, T. M. **Estrutura genética populacional em lobeira (*Solanum lycocarpum* A. St.-Hil., Solanaceae), em ambientes naturais e antropizados no estado de Goiás**. 2007. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia Aplicada, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, London, v.403, n. 6772, p.853-858, 2000.

NAVES, R. V. **Espécies frutíferas nativas dos Cerrados de Goiás: caracterização e influências do clima e dos solos**. 1999. 206 f. Tese (Doutorado) – Curso de Agronomia, Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1999.

OLIVEIRA, N. N. S. de; VIANA, A. P.; QUINTAL, S. S. R.; PAIVA, C. L.; MARINHO, C. S. Análise de distância genética entre acessos do gênero *Psidium* via marcadores ISSR. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 36, n. 4, p.917-923, dez. 2014.

OLIVEIRA, T. M. dos S. **PCR em tempo real: métodos e aplicações**. 2010. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biologia, Departamento de Biologia, Universidade de Aveiro, Portugal, 2010.

PARENTE, J. I. G.; ALBUQUERQUE, J. J. L. de. Adubação mineral do Cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) em Pacajus, no litoral cearense. **Ciência e Cultura**, Campinas, v.24, p. 372-375, 1972.

PATZAK, J. Comparison of RAPD, STS, ISSR and AFLP molecular methods used for assessment of genetic diversity in hop (*Humulus lupulus* L.). **Euphytica**, Wageningen, v.121, p. 9-18, 2001.

PELLOSO, I. A. de O. **Caracterização fenotípica de frutos e desenvolvimento inicial de plantas de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg, em Mato Grosso do Sul**. 2011. 54 f. Tese (Doutorado) -Curso de Agronomia, Produção Vegetal, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2011.

PEREIRA, B. A. de S. Flora nativa. In: DIAS, B. F. de S. **Alternativas de desenvolvimento dos Cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis**. Brasília: FUNATRA: IBAMA, 1992. p. 53-62.

PIVA, M. da G. **O caminho das plantas medicinais: Estudo Etnobotânico**. Rio de Janeiro: Mondrian, 2002. 313 p.

PROENÇA, C. Listagem comprovada das Myrtaceae do Jardim Botânico de Brasília "chek-list". **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v. 1, p.9-26, 1994.

REIF, J. C.; MELCHONGER, A. E.; FRISCH, M. Genetical and mathematical properties of similarity and dissimilarity coefficients and applied in plant breeding and seed bank management. **Crop Science**, Madison, v. 45, n. 1, p. 1-7, 2005.

REIS, M. S. Dinâmica da movimentação de alelos: subsídios para conservação e manejo de populações naturais de plantas. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 19, n. 4, p. 37-47, 1996.

RIBEIRO, J. F.; SANO, S. M.; SILVA, J. A. da. Chave preliminar de identificação dos tipos fisionômicos da vegetação do Cerrado. In: XXXII CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 32., 1981, Teresina-PI. **Anais...** Teresina-PI: Sociedade Botânica do Brasil, 1981. p. 124 - 133.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. v.1. cap. 6. p. 151 - 212.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de. (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1998. cap. 3. p. 89 - 166.

RODRIGUES, J. F. **Delimitação de espécies e diversidade genética no complexo *Cattleya coccínea* Lindl. e *C. Mantiqueirae* (Flowie) Van der Berg (Orchidaceae) baseada em marcadores moleculares ISSR**. 2010. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Recursos Genéticos Vegetais, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

RODRIGUES, V. E. G.; CARVALHO, D. A. **Plantas medicinais no domínio dos Cerrados**. Lavras: UFLA, 2001. 180 p.

ROHLF, F. J. **NTSYS-pc – Numerical taxonomy and multivariate analysis system**. Version 1.70. New York: Exeter Software, 1992. 217 p.

SANTANA, I. B. B.; OLIVEIRA, E. J. de; SOARES FILHO, W. dos S.; RITZINGER, R.; AMORIM, E. P.; COSTA, M. A. P. de C.; MOREIRA, R. F.C. Variabilidade genética entre acessos de umbu-cajazeira mediante análise de marcadores ISSR. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 33, n. 3, p.868-876, set. 2011.

SARTORIO, S. D. **Aplicações de técnicas de análise multivariada em experimentos agropecuários usando o software R**. 2008. 131 f. Dissertação (Mestrado) - ESALQ, Piracicaba. 2008.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide**. Version 6, 4th, ed. Cary, North Caroline, 1989. 846 p.

SAWKE, D. P.; GUNJATE, R. T.; LIMAYE, V. P. Effect of nitrogen, phosphorus and potash fertilization on growth and production of cashewnut. **Acta Horticulturae**, v.108, p. 95-99, 1985.

SENA, M. M.; FRIGHETTO, R. T. S.; VALARINI, P. J.; TOKESHI, H.; POPPI, R. J. Discrimination of management effects on soil parameters by using principal component analysis: A multivariate analysis case study. **Soil & Tillage Research**, v.67, p.171-181, 2002.

SILVA, D. B. da; SILVA, J. A. da; JUNQUEIRA, N. T. V.; ANDRADE, L. R. M. **Frutas do Cerrado**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 178 p.

SILVA, J.A.; SILVA, D.B.; JUNQUEIRA, N.T.V.; ANDRADE, L.R.M. **Coleta de sementes, produção e plantio de espécies nativas dos Cerrados**: informações exploratórias. Planaltina: Embrapa – CPAC, 1997. 24 p.

SILVA-LUZ, C. L.; PIRANI, J. R. **Anacardiaceae in lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. Disponível em:<<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

SOBRAL, M.; PROENÇA, C.; SOUZA, M.; MAZINE F.; LUCAS E. Myrtaceae. In: FORZZA, R. C.; LEITMAN, P. (Org.). **Catálogo de plantas e fungos do Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, v.2, p. 1301-1330, 2010.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2005. 640 p.

SOUZA, V. Q.; PEREIRA, A. S.; KOPP, M. M.; COIMBRA, J. L. M.; CARVALHO, F. I. F., LUZ, V. K.; OLIVEIRA, A. C. Dissimilaridade genética em mutantes de aveia tolerantes e sensíveis a ácidos orgânicos. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 569-575, 2005.

STATSOFT. Statistica for windows [computer program manual]. 1999. Disponível em: <<http://www.statsoft.com>>. Acesso em: 12 abr. 2016.

TIKUNOV, Yu. M.; KHRUSTALEVA, L. I.; KARLOV, G. I. Application of ISSR markers in the genus *Lycopersicon*. **Euphytica**, v. 131, p. 71-80, 2003.

VIEIRA, M. C.; PEREZ, V. B.; HEREDIA, Z. N. A.; SANTOS, M. C.; PELLOSO, I. A. O.; PESSOA, S. M. Nitrogênio e fósforo no desenvolvimento inicial da guavira [*Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg] cultivada em vasos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 13, p.542-549, 2011. P.542-549, 2011.

VILELA-MORALES, E. A.; VALOIS, A. C. C.; NASS, L. L **Recursos genéticos vegetales**. Brasília: Embrapa–SPI/Embrapa-Cenargen, 1997. 78 p.

VILLELA, D. M.; HARIDASAN, M. Response of the ground layer community of a Cerrado vegetation in central Brazil to liming and irrigation. **Plant And Soil**, Netherlands, v. 163, n. 1, p.25-31, jun. 1994.

WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado**: síntese terminológica e relações florísticas. 2006. 372 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Ecologia, Departamento de Ecologia do Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

WOLFE, A. D. ISSR techniques for evolutionary biology. **Methods in Enzimology**, Pasadena, v. 395, p. 134-144, 2005.

WOLFE, A. D.; LISTON, A. Contributions of PCR-based methods to plant systematics and evolutionary biology. In: SOLTIS, D. E.; SOLTIS, P.; DOYLE, J. J. (Ed.) **Molecular Systematics of Plants II: DNA Sequencing**. New York: Kluwer, 1998. Cap 2. p. 43-86.

WOLFE, A. D.; XIANG, Q. Y.; KEPHARTE, S. R. Accessing hybridization in natural populations of *Penstemon* (Scrophulariaceae) using hypervariable intersimple sequence repeats (ISSR) bands. **Molecular Ecology**. Malden, v.7, p.1107-1125, 1998.

ZIETJIEWICZ, E.; RAFALSKI, A.; LABUDA, D. Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR)-anchored polymerase chain reaction amplification. **Genomics**, San Diego, v.20, p.176-183, 1994.

CAPÍTULO 2 - ATRIBUTOS BIOLÓGICOS, QUÍMICOS E GRANULOMETRIA DO SOLO NA CARACTERIZAÇÃO DE AMBIENTES DE OCORRÊNCIA DE CAJUZINHO-DO-CERRADO E GABIROBEIRAS

RESUMO – Objetivou-se com este estudo caracterizar, sob condições de Cerrado os ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado e Gabirobeiras, através de atributos biológicos, químicos e granulometria do solo, por meio de análise descritiva e multivariada. Foram realizadas oito expedições nos meses de fevereiro e março de 2015 para a coleta de amostras de solos dos ambientes de ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado e Gabirobeiras. As coletas foram realizadas em dez municípios: Abadiânia, Aporé, Barra do Garças, Caiapônia, Jataí, Mineiros, Perolândia, Piranhas, Rio Verde e Serranópolis. Para as avaliações químicas, biológicas e granulometria do solo, foram retiradas 10 subamostras aleatórias em cada ambiente de coleta, perfazendo uma amostra composta nas profundidades de 0 a 10 cm para as análises químicas, biológicas e granulométrica do solo, de 10 a 20 cm para análises químicas e granulometria e de 20 a 40 cm para análises químicas. Todas as amostras foram armazenadas em caixas térmicas e levadas para o Laboratório de Solos da Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí. Pode-se observar diferenças entre os ambientes de ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado e Gabirobeiras por meio dos atributos do solo. Os atributos nitrogênio da biomassa microbiana do solo, areia grossa, argila, soma de bases (SB), saturação por alumínio (m), H + Al, ferro (Fe), CTC a pH 7 (T), cobre (Cu), cálcio (Ca), potássio (K) e pH contribuíram mais para a dissimilaridade entre os ambientes de ambas as espécies.

Palavras-chave: análise multivariada, *Anacardium humile* A. St.- Hil. e *Campomanesia* spp.

CHAPTER 2 - ATTRIBUTES BIOLOGICAL, CHEMICAL AND SAMPLE SIZE OF SOIL IN CHARACTERIZATION ENVIRONMENTS OF OCCURRENCE CAJUZINHO-DO-CERRADO AND GABIROBEIRAS

SUMMARY - This study aimed to characterize, under heavy conditions environments with occurrence of Cajuzinho-do-cerrado and Gabirobeiras, by biological, chemical and soil particle size through descriptive and multivariate analysis. Eight expeditions were conducted in February and March 2015 to collect soil of occurrence environments of Cajuzinho-do-cerrado and Gabirobeiras. Samples were collected in ten cities: Abadiânia, Aporé, Barra do Garças, Caiapônia, Jataí, Mineiros, Perolândia, Piranhas, Rio Verde and Serranópolis. For the chemical, biological, and soil particle size ratings were taken 10 random sampling at each collection environment, comprising a sample depths from 0 to 10 cm for chemical, biological, and soil particle size of 10 to 20 cm chemical analysis and grain size of the ground and from 20 to 40 cm for chemical analysis. All samples were stored in coolers and taken to the Soil Laboratory of the Federal University of Goiás - Regional Jataí. We can observe differences between the occurrence of Cajuzinho-do-cerrado and Gabirobeiras environments through the soil attributes. Nitrogen attributes of the microbial biomass, coarse sand, clay, sum of bases (SB), aluminum saturation (m), H + Al, iron (Fe), CEC at pH 7 (t), copper (Cu), calcium (Ca), potassium (K) and pH contributed more to the dissimilarity between the environments of both species.

Keywords: multivariate analysis, *Anacardium humile* A. St.- Hil. e *Campomanesia* spp.

2.1. Introdução

Atualmente, observa-se uma rápida e crescente expansão da fronteira agrícola brasileira para a região dos Cerrados. As atividades antrópicas na região exercem um efeito perturbador cuja velocidade é muito grande, sendo a capacidade de transformação do homem muito maior do que a capacidade de recuperação do meio (MESQUITA et al., 2007; ASSAD, 1996).

Apesar da homogeneidade fisionômica da vegetação do Cerrado, levantamentos já realizados mostram a riqueza em número de espécies e a grande variação na composição florística. Dentre essas espécies, muitas são fornecedoras de frutos comestíveis, porém sua utilização ainda é incipiente devido à falta de conhecimentos (SANTANA & NAVES, 2003). Destas, destaca-se o Cajuzinho-do-cerrado e Gabirobeiras, tendo importância nutricional e farmacêutica, sendo muito apreciados pela fauna e pela população local.

Devido a enorme pressão antrópica sobre o bioma Cerrado, estudos sobre estas espécies são importantes, contribuindo para a preservação das mesmas, criando condições para incorporação ao processo produtivo. No entanto, torna-se necessário conhecer melhor o ambiente onde estas espécies ocorrem naturalmente (MESQUITA et al., 2007). A avaliação dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo em diferentes ambientes é essencial, pois propicia condições para o entendimento adequando do crescimento e desenvolvimento das plantas e manutenção da diversidade de organismos que habitam o solo (CARNEIRO et al., 2009; DORAN & PARKIN, 1994)

O solo é considerado um sistema complexo, resultante da interação de fatores geológicos, topográficos e climáticos, entre outros, que juntos formam indicadores (atributos) que o caracterizam. Com a técnica da análise multivariada é possível explicar a variação existente entre tratamentos em estudo a partir das variáveis e descobrir quais delas contribuem mais para a caracterização e, ou, alteração do solo. Diversas pesquisas têm aplicado a técnica multivariada para análise de dados de solos (PRAGANA et al., 2012).

Apesar da grande importância dos métodos estatísticos multivariados para interpretações das variações dos atributos do solo, poucos são os trabalhos que fazem uso desta ferramenta, pois a maioria utiliza métodos estatísticos univariados.

Os métodos univariados são importantes, mas apresentam limitações, já que o comportamento dos atributos é interpretado isoladamente, não levando em conta interação com os demais atributos presentes (MANLY, 2008).

Por outro lado, a estatística multivariada, utilizando vários atributos forma agrupamentos de ambientes com características similares e permite a obtenção de um melhor entendimento das variações dos processos que ocorrem no solo (SENA et al., 2002). Estudos que apresentam foco tanto na variabilidade quanto na dissimilaridade ou similaridade entre ambientes vêm se tornando cada vez mais relevantes.

Portanto, objetivou-se com este estudo caracterizar, sob condições de Cerrado, os ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) e Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.), através de atributos biológicos, químicos e granulometria do solo, por meio de análise descritiva e multivariada.

2.2. Material e métodos

2.2.1. Descrição da coleta

Foram realizadas oito expedições nos meses de fevereiro e março de 2015 para a coleta de amostras de solos em ambientes de ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) e Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.). As coletas foram efetuadas em nove municípios do estado de Goiás: Abadiânia, Aporé, Caiapônia, Jataí, Mineiros, Perolândia, Piranhas, Rio Verde e Serranópolis e em um município do estado de Mato Grosso: Barra do Garças, sendo que alguns municípios tiveram mais de um ambiente de coleta, devido a diversidade do solo ali existente.

O clima de todas as regiões de ocorrência são caracterizados, segundo Köppen, como sendo tropical chuvoso (Aw), apresentando temperatura média anual de 18 a 32 °C e precipitação pluvial média anual em torno de 1.700 mm. As coletas foram georeferenciadas (Tabelas 1 e 2), e os dados foram usados para representar as localizações geográficas (Figuras 1 e 2).

Tabela 1. Georeferenciamento dos ambientes com ocorrência natural de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) avaliados no estudo

Ambientes	Municípios	Estado	Altitude (m)	Latitude (S)	Longitude (W)
Jataí	Jataí	GO	882	17° 58' 9,377"	52° 4' 51,640"
Aporé	Aporé	GO	582	18° 54' 9,525"	51° 54' 22,390"
Serranópolis	Serranópolis	GO	550	18° 22' 10,342"	51° 57' 26,147"
Caiapônia-P1	Caiapônia	GO	803	17° 11' 49,756"	51° 56' 24,773"
Caiapônia-P2	Caiapônia	GO	742	16° 51' 29,032"	51° 53' 45,772"
Barra do Garças	Barra do Garças	MT	566	15° 51' 11,472"	52° 16' 8,853"
Piranhas	Piranhas	GO	376	16° 27' 3,037"	51° 50' 12,692"
Abadiânia-P1	Abadiânia	GO	1080	16° 12' 1,528"	48° 44' 40,416"
Abadiânia-P2	Abadiânia	GO	1134	16° 2' 40,039"	48° 51' 38,983"
Mineiros-P1	Mineiros	GO	857	17° 56' 41,414"	52° 59' 31,625"
Mineiros-P2	Mineiros	GO	868	18° 3' 56,166"	52° 56' 21,541"

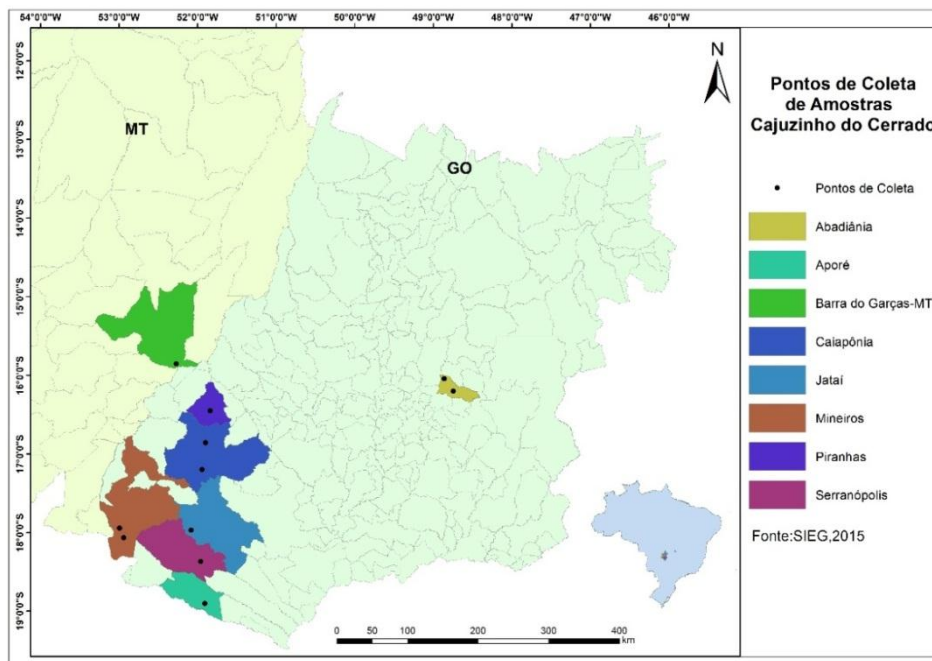


Figura 1. Área territorial dos ambientes de coleta das amostras de solo da espécie Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.).

Tabela 2. Georeferenciamento dos ambientes com ocorrência natural de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.) avaliados no estudo

Ambientes	Municípios	Estado	Altitude (m)	Latitude (S)	Longitude (W)
Jataí-P1	Jataí	GO	731	51° 39' 19,001"	18° 6' 59,270"
Jataí-P2	Jataí	GO	568	51° 37' 8,426"	18° 27' 4,955"
Aporé	Aporé	GO	573	51° 55' 20,740"	18° 55' 49,698"
Serranópolis	Serranópolis	GO	549	51° 56' 50,891"	18° 21' 28,647"
Caiapônia	Caiapônia	GO	797	51° 56' 24,495"	17° 11' 48,260"
Rio verde	Rio verde	GO	869	51° 12' 36,108"	17° 49' 6,640"
Abadiânia	Abadiânia	GO	1071	48° 44' 39,575"	16° 12' 1,421"
Mineiros	Mineiros	GO	880	53° 0' 19,338"	17° 55' 29,567"
Perolândia	Perolândia	GO	867	52° 3' 10,159"	17° 34' 10,017"
Jataí-P3	Jataí	GO	857	52° 3' 10,464"	17° 34' 10,048"

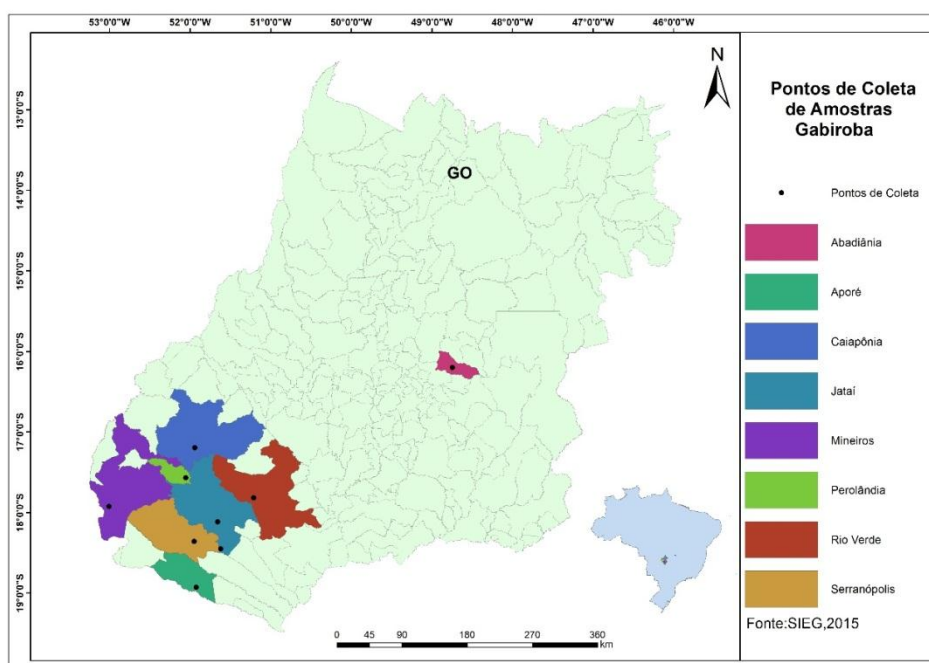


Figura 2. Área territorial dos ambientes de coleta das amostras de solo das espécies de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.).

Para as avaliações biológicas, químicas e granulométrica do solo, foram retiradas 10 subamostras aleatórias em cada ambiente de coleta na projeção da copa das espécies nativas estudadas, perfazendo uma amostra composta nas profundidades de 0 a 10 cm para as análises biológicas, químicas, e granulométrica do solo, de 10 a 20 cm para análises químicas e granulométrica e de 20 a 40 cm para análises químicas. As amostras foram colocadas dentro de sacos plásticos, armazenadas em caixas térmicas e levadas para o Laboratório de Solos da Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí.

Parte das amostras de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 40 cm foram secas ao ar, até massa constante, e passadas em peneira de 2 mm de abertura, para determinação dos atributos químicos e granulometria do solo. As demais amostras de 0 a 10 cm foram peneiradas, após a coleta, e armazenada em refrigeração a 4 °C até a realização das análises biológicas.

2.2.2. Determinação dos atributos biológicos, químicos e granulometria do solo

Para a determinação dos atributos biológicos, foi utilizado o método da fumigação-extração para estimar o Carbono (VANCE et al., 1987) e o Nitrogênio (JOERGENSEN & BROOKES, 1990) da biomassa microbiana, respectivamente, CBMS e NBMS. De cada amostra de 0 a 10 cm, foram pesadas seis subamostras de 25 g de solo (três fumigadas e três não-fumigadas); as amostras foram fumigadas com clorofórmio isento de álcool por 24 h e a extração foi feita com K_2SO_4 0,5 mol L⁻¹. A quantificação do Carbono foi realizada por titulação com sulfato ferroso amoniacal, utilizando difenilamina como indicador, e a do Nitrogênio, pela titulação com H_2SO_4 0,005 mol L⁻¹.

A atividade microbiana foi medida em termos de respiração do solo, estimando-se a quantidade de CO_2 evoluído liberado em três dias de incubação. Pesaram-se, de cada amostra composta, três subamostras de 25 g de solo, e cada uma foi colocada em pote contendo um frasco com 25 mL de NaOH 0,05 mol L⁻¹, mantido hermeticamente fechado. A respiração do solo foi obtida por meio da titulação com HCl 0,05 mol L⁻¹ (ALEF & NANNIPIERI, 1995).

Em relação aos atributos químicos e granulometria do solo, foram feitas as seguintes determinações, conforme protocolo estabelecido pela Embrapa (1997): pH (H_2O); Ca, Mg e Al trocáveis, por KCl 1 mol L⁻¹, sendo Ca e Mg determinados por espectrofotometria de absorção atômica e o Al por titulação com NaOH 0,025 mol L⁻¹; P, K e micronutrientes catiônicos (Cu, Fe, Mn e Zn) extraíveis por Mehlich-1 e determinados, respectivamente, por espectroscopia, fotometria de chama e espectrofotometria de absorção atômica; H + Al, determinado por acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7; MO pelo método volumétrico do bicromato de potássio,

determinada por titulação com sulfato ferroso amoniacal $0,102 \text{ mol L}^{-1}$ e granulometria do solo determinada pelo método da pipeta. Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí.

De posse dos resultados foram calculados os parâmetros complementares das análises de solo: Soma de bases (SB), CTC a pH 7 (T), CTC efetiva (t), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m).

2.2.3. Análise estatística dos dados

Os resultados foram submetidos à análise descritiva, obtendo-se média, mínimo, máximo, coeficiente de variação (CV), variância e desvio padrão. Foi utilizada, também, à análise multivariada estimando-se a distância euclidiana média obtida a partir dos 11 ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado e 10 ambientes de Gabirobeiras, avaliados com base em todos os atributos do solo analisados. A medida de similaridade e agrupamento dos ambientes de coleta foi feita pelo algoritmo de otimização de Tocher (RAO, 1952) e dendrograma UPGMA (Método da Ligação Média entre Grupos) (CRUZ et al., 2012).

O critério de corte utilizado para determinação do número de grupos no método UPGMA foi o proposto por Mojena (1977), baseado no tamanho relativo dos níveis de fusões (distâncias). Foi calculado o coeficiente de correlação cofenética (CCC) entre a matriz de dissimilaridade genética e a matriz dos valores cofenéticos, a fim de verificar a consistência do agrupamento. Valores de CCC acima de 0,8 indicam boa representatividade entre as distâncias (BUSSAD et al., 1990).

Foi realizada também análise gráfica com base na técnica dos componentes principais, tendo como referência de agrupamento o método de Otimização de Tocher. Salienta-se que a técnica dos componentes principais é adequada quando o conjunto de dados não permite a estimação da matriz de dispersão residual, possibilitando o estudo da similaridade ou dissimilaridade inter e intragrupos e também a avaliação da importância de cada variável sobre a variação total disponível entre os ambientes de coleta estudados (CRUZ et al., 2012).

A importância relativa dos atributos do solo em relação à divergência entre os ambientes foi avaliada segundo SINGH (1981). As análises dos dados foram realizadas com o auxílio do programa computacional GENES (CRUZ, 2013). Os dendrogramas foram confeccionados com o auxílio do software Statistic, versão 5.0.

2.3. Resultados e discussão

2.3.1. Atributos biológicos do solo

2.3.1.1. Análise descritiva

2.3.1.1.1. Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

Na Tabela 3, estão apresentados os resultados referentes à análise descritiva para o carbono e o nitrogênio da biomassa microbiana e a respiração do solo, na profundidade de 0 a 10 cm em ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado.

Tabela 3. Valores médios, mínimos, máximos, coeficientes de variação, variâncias e desvios padrões dos atributos biológicos do solo na profundidade de 0 a 10 cm nos ambientes de estudo com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

Variável	Média	Mínimo	Máximo	CV (%)	Variância	Desvio padrão
CBMS ⁽¹⁾	1110,80	331,03	1733,20	41,25	20991,90	458,16
NBMS ⁽²⁾	4,88	0,25	10,16	68,22	11,09	3,33
RS ⁽³⁾	3,13	0,52	5,76	46,89	2,16	1,47

⁽¹⁾ CBMS – Carbono da biomassa microbiana do solo – em $\mu\text{g C g solo seco}^{-1}$ (1 micrograma de carbono para cada grama de solo seco); ⁽²⁾ NBMS – Nitrogênio da biomassa microbiana do solo – em $\mu\text{g N g solo seco}^{-1}$ (1 micrograma de nitrogênio para cada grama de solo seco); ⁽³⁾ RS – Respiração do solo – em mg de CO_2 (quantidade de CO_2 em miligramas).

Os menores valores de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo (331,03 $\mu\text{g C g solo seco}^{-1}$ e 0,25 $\mu\text{g N g solo seco}^{-1}$, respectivamente) foram para o ambiente de coleta Serranópolis e os maiores valores (1733,2 $\mu\text{g C g solo seco}^{-1}$ e

10,16 $\mu\text{g N g solo seco}^{-1}$, respectivamente) foram para os ambientes de coleta Mineiros-P1 e Mineiros-P2, respectivamente.

Para o atributo respiração do solo o menor valor (0,52 mg de CO_2) foi para o ambiente de coleta Aporé e o maior valor (5,76 mg de CO_2) foi para o ambiente Mineiros-P2.

Os valores máximos dos atributos biológicos do solo foram encontrados nos ambientes Mineiros-P1 e Mineiros-P2. Isto provavelmente deve-se ao fato, de que os ambientes estão localizados dentro do Parque Nacional das Emas, uma unidade nacional de conservação e proteção integral da natureza. Ou seja, um ambiente totalmente protegido, sem ação antrópica, preservando totalmente a vegetação nativa do Cerrado ali encontrada.

Outro ponto relevante, é que neste ambiente há uma maior aglomeração de raízes no solo, devido à vegetação nativa presente, formando-se uma zona de influência radicular, onde ocorre uma maior exsudação de compostos como aminoácidos, enzimas, proteínas, açúcares, carboidratos complexos, álcoois, vitaminas e hormônios (CORDEIRO et al., 2012). Estes compostos expelidos pelas raízes são prontamente utilizados pelos microrganismos como substrato, o que resulta no aumento do número de organismos e de sua diversidade nestes ambientes de coletas (DAANE et al., 2001). Este efeito é menos pronunciado nos demais ambientes em estudo, principalmente em Serranópolis e Aporé, pois são ambientes com solos de textura arenosa e com pouca vegetação nativa.

Em relação ao coeficiente de variação (CV) (Tabela 3), o maior valor encontrado foi para o nitrogênio da biomassa microbiana (CV = 68,22%), indicando grande heterogeneidade entre os ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado em relação a este atributo. Para o carbono da biomassa microbiana e respiração do solo, os valores de CV foram 41,25 e 46,89%, respectivamente, indicando uma maior homogeneidade entre os ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado em relação a estes atributos.

2.3.1.1.2. Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

Encontram-se na Tabela 4, os resultados referentes à análise descritiva para o carbono e o nitrogênio da biomassa microbiana e a respiração do solo, na profundidade 0 a 10 cm em ambientes de coleta de Gabirobeiras.

Os menores valores de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana (401,83 $\mu\text{g C g solo seco}^{-1}$ e 0,25 $\mu\text{g N g solo seco}^{-1}$, respectivamente) foram para o ambiente de coleta Serranópolis e os maiores valores (1480,78 $\mu\text{g C g solo seco}^{-1}$ e 10,16 $\mu\text{g N g solo seco}^{-1}$, respectivamente) foram para o ambiente de coleta Mineiros.

Tabela 4. Valores médios, mínimos, máximos, coeficiente de variação, variância e desvio padrão dos atributos biológicos do solo na profundidade de 0 a 10 cm nos ambientes de estudo com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia spp.*)

Variável	Média	Mínimo	Máximo	CV (%)	Variância	Desvio padrão
CBMS ⁽¹⁾	703,86	401,83	1480,78	45,47	10244,50	320,07
NBMS ⁽²⁾	3,21	0,25	5,62	60,01	3,70	1,92
RS ⁽³⁾	2,71	0,78	4,47	43,27	1,37	1,17

⁽¹⁾ CBMS – Carbono da biomassa microbiana do solo – em $\mu\text{g C g solo seco}^{-1}$ (1 micrograma de carbono para cada grama de solo seco); ⁽²⁾ NBMS – Nitrogênio da biomassa microbiana do solo – em $\mu\text{g N g solo seco}^{-1}$ (1 micrograma de nitrogênio para cada grama de solo seco) ⁽³⁾ RS – Respiração do solo – em mg de CO_2 (quantidade de CO_2 em miligramas);

Em relação à respiração do solo, o menor valor (0,78 mg de CO_2) foi para o ambiente de coleta Aporé e o maior valor (4,47 mg de CO_2) foi para o ambiente de coleta Mineiros. Ambientes que possuem maior respiração do solo apresentam maior atividade de bactérias e fungos, e também melhores condições abióticas do solo, como umidade, temperatura e aeração, pois à medida que a umidade do solo aumenta, o efluxo de CO_2 do solo é mais elevado (CATTELAN & VIDOR, 1990).

Como observado nas análises de solo dos ambientes de coleta de Cajuzinho-cerrado, para as Gabirobeiras o comportamento é semelhante em relação aos atributos biológicos do solo (carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e respiração do solo). Os ambientes de coleta que apresentaram menores teores destes atributos, em ambas as espécies foram Aporé e Serranópolis, sendo estes classificados de textura arenosa. Os ambientes de coleta localizados no município de Mineiros, sendo de textura muito argilosa, apresentaram-se como os ambientes de maiores teores destes atributos para as duas espécies.

O mesmo comportamento foi observado por Gama-Rodrigues et al. (2005) em solos sob eucalipto, onde solos mais argilosos, além de apresentarem maior estoque

de C e N, apresentaram maior potencial de fornecimento de N para as plantas e uma biomassa microbiana mais ativa. Eaton (2001), em trabalho com solos com alto teor de argila, sob floresta subtropical, de baixa produção de fitomassa, observou que após dois dias de chuva intensa, estes solos apresentaram maiores percentuais de aumento no CBM, NBM e RS, quando comparados com os demais solos, que apresentavam menores teores de argila. O autor sugeriu que a matéria orgânica em decomposição ficou adsorvida à argila do solo, tornando-a disponível para a comunidade microbiana por um longo período de tempo. Araújo (2003) registrou que os solos com maior percentual de argila foram aqueles que apresentaram maiores valores de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, evidenciando a interação da argila com os microrganismos do solo.

Em relação ao coeficiente de variação (CV) dos dados de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e respiração do solo, na profundidade de 0 a 10 cm (Tabela 4), este foi maior para o nitrogênio da biomassa microbiana (CV = 60,01%), indicando grande heterogeneidade entre os ambientes de coleta de Gabirobeiras em relação a este atributo. E para o carbono da biomassa microbiana e respiração, os valores de CV foram 45,47 e 43,27%, respectivamente, indicando maior homogeneidade entre os ambientes de coleta de Gabirobeiras em relação a estes atributos.

2.3.1.2. Análise multivariada

2.3.1.2.1. Agrupamento pelo método de Otimização de Tocher

2.3.1.2.1.1. Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

A análise de agrupamento com a utilização do método de Otimização de Tocher, fundamentado na matriz de dissimilaridade, baseado nos atributos carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e respiração do solo, possibilitou as distribuições dos 11 ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado estudados em 4

grupos distintos (Tabela 5), de forma que os grupos I e II foram constituídos por um maior número de ambientes de coleta.

O primeiro grupo foi formado por 45,45% dos ambientes de coleta analisados, estes, que correspondem aos menores teores dos atributos biológicos estudados. O segundo grupo foi formado por 36,36% dos ambientes de coleta, sendo formado por aqueles com maiores teores de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e respiração do solo. Os grupos III e IV apresentaram em sua formação apenas um ambiente de coleta, caracterizando divergência em relação aos demais.

Tabela 5. Formação dos grupos pelo método de Otimização de Tocher com base nos três atributos biológicos do solo (carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo e respiração do solo) para os 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

Grupo	Ambientes de coleta
I	Caiapônia-P1 Abadiânia-P1 Barra do Garças Piranhas Serranópolis
II	Mineiros-P1 Mineiros-P2 Caiapônia-P2 Abadiânia-P2
III	Jataí
IV	Aporé

Verifica-se por este agrupamento que os ambientes de coleta mais dissimilares foram Jataí e Aporé.

2.3.1.2.1.2. Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

A análise de agrupamento pelo método de Otimização de Tocher, com base na matriz de dissimilaridade, entre os 10 ambientes de coleta de Gabirobeiras avaliados, em relação ao carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e respiração do solo, possibilitou a formação de 3 grupos distintos (Tabela 6).

Tabela 6. Formação dos grupos pelo método de Otimização de Tocher com base nos três atributos biológicos do solo (carbono e nitrogênio da biomassa

microbiana do solo e respiração do solo) para os 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

Grupo	Ambientes de coleta
I	Rio Verde Abadiânia Jataí-P3 Perolândia Caiapônia Jataí-P1
II	Jataí-P2 Aporé Serranópolis
III	Mineiros

O grupo I constituído por 60% dos ambientes de coleta destacou-se por apresentar como característica principal, similaridade em relação ao atributo nitrogênio da biomassa microbiana do solo.

Observa-se que o grupo II apresentou em sua formação apenas 3 ambientes de coleta, caracterizando um bom grau de divergência em relação aos atributos biológicos analisados. O grupo III, formado apenas pelo ambiente de coleta Mineiros, sugere que este seja o mais divergente entre os ambientes de coleta de Gabirobeiras, por apresentar maiores teores de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e respiração do solo em relação aos demais, fato este mostrado na análise descritiva citada anteriormente, onde este ambiente se destacou em todos os atributos biológicos.

2.3.1.2.2. Agrupamento pelo método UPGMA (Método da Ligação Média entre Grupos)

2.3.1.2.2.1. Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

O dendrograma foi obtido a partir da matriz de dissimilaridade gerada pela distância euclidiana média, utilizando os 11 ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado, baseado nos atributos carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e respiração do solo (Figura 3).

Procedeu-se a divisão dos grupos próximo a 46% de distância, formando 7 grupos, adotando-se como critério de corte o método proposto por Mojena (1977), baseado no tamanho relativo dos níveis de fusões ou distâncias no dendrograma, tendo uma correlação cofenética de 0,74, indicando uma boa consistência do agrupamento UPGMA, evidenciando baixa distorção do dendrograma em relação as distâncias geradas (CRUZ et al., 2012).

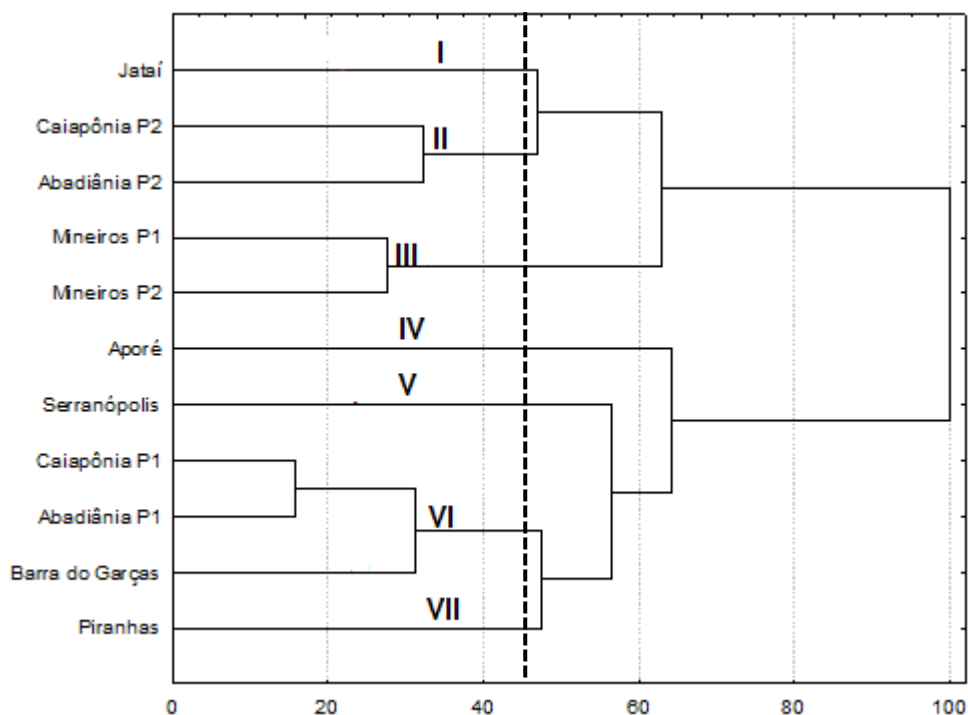


Figura 3. Dendrograma gerado pelo método UPGMA a partir das dissimilaridades expressas pela distância euclidiana média entre os 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.), a partir dos três atributos biológicos do solo (carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo e respiração do solo).

Pelo método hierárquico UPGMA pode-se perceber que os ambientes de coleta Caiapônia-P1 e Abadiânia-P1, por apresentar as menores distâncias são os mais similares. Cabe salientar que novamente os ambientes Jataí e Aporé foram alocados em grupos isolados, demonstrando a divergência deles em relação aos demais ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado de acordo com os atributos biológicos do solo, concordando com o método de Otimização de Tocher.

2.3.1.2.2.2. Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

O dendrograma foi obtido a partir da matriz de dissimilaridade gerada pela distância euclidiana média dos 10 ambientes de coleta de Gabirobeiras, em função dos atributos carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e respiração do solo (Figura 4). Procedeu-se a divisão dos grupos próximo a 44% de distância, formando 6 grupos, adotando-se o critério de corte o método proposto por Mojena (1977),

tendo uma correlação cofenética de 0,82 que é considerada segundo Rohlf & Fisher (1968) de boa magnitude.

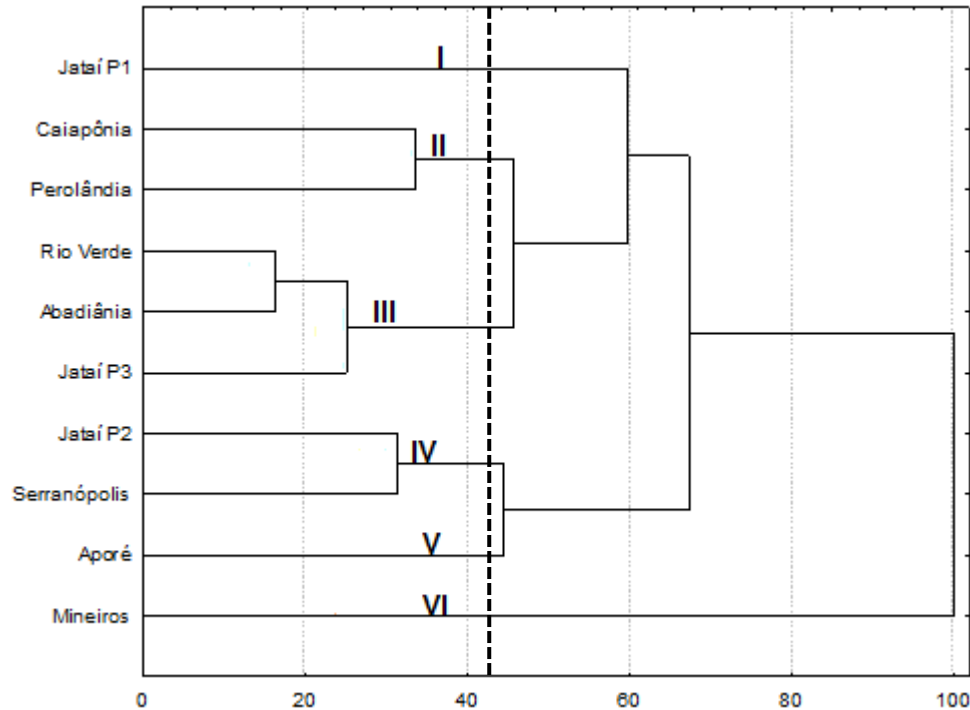


Figura 4. Dendrograma gerado pelo método UPGMA a partir das dissimilaridades expressas pela distância euclidiana média entre os 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.), a partir dos três atributos biológicos do solo (carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo e respiração do solo).

Observa-se que a maioria dos ambientes de coleta se agruparam de maneira semelhante ao método de Otimização de Tocher, tendo apenas um maior número de grupos, pois o método UPGMA agrupa as distâncias menores e recalcula novas distâncias através de médias aritméticas para novo agrupamento (CRUZ et al., 2012). Outro ponto semelhante, é que os ambientes de coleta Rio Verde e Abadiânia são os mais similares, e o ambiente de coleta Mineiros permaneceu em um grupo isolado, demonstrando novamente a divergência dele em relação aos demais ambientes de coleta de Gabirobeiras, de acordo com os atributos biológicos do solo.

2.3.1.2.3 Análise de Componentes Principais (ACP)

2.3.1.2.3.1. Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

A técnica de componentes principais visa diluir a variação total gerada por todos os atributos, em componentes de variância em outro conjunto de dimensão equivalente, mas com propriedades importantes, que são de grande interesse em certos estudos. Os componentes principais são uma combinação linear de todos os atributos com cada componente apresentando ortogonalidade, desfazendo o efeito de interdependência entre os ambientes de coleta (CRUZ et al., 2012) (Tabela 7).

Tabela 7. Análise de componentes principais (autovalores, variância e variância acumulada), gerada a partir dos 3 atributos biológicos do solo (carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e respiração do solo) para os 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

Componente Principal	Autovalores	Variância (%)	Variância Acumulada (%)
1	2,329	77,66	77,66
2	0,513	17,10	94,76
3	0,157	5,24	100,00

Segundo Cruz et al. (2012) as duas primeiras componentes principais devem perfazer um total de explicação de 70 a 80% da variação total do material avaliado. Como as duas componentes, explicaram 94,76 da variação total dos dados, a plotagem dos escores gerados pelas duas componentes é viável, demonstrando com confiabilidade a variabilidade existente num espaço bidimensional (Figura 5).

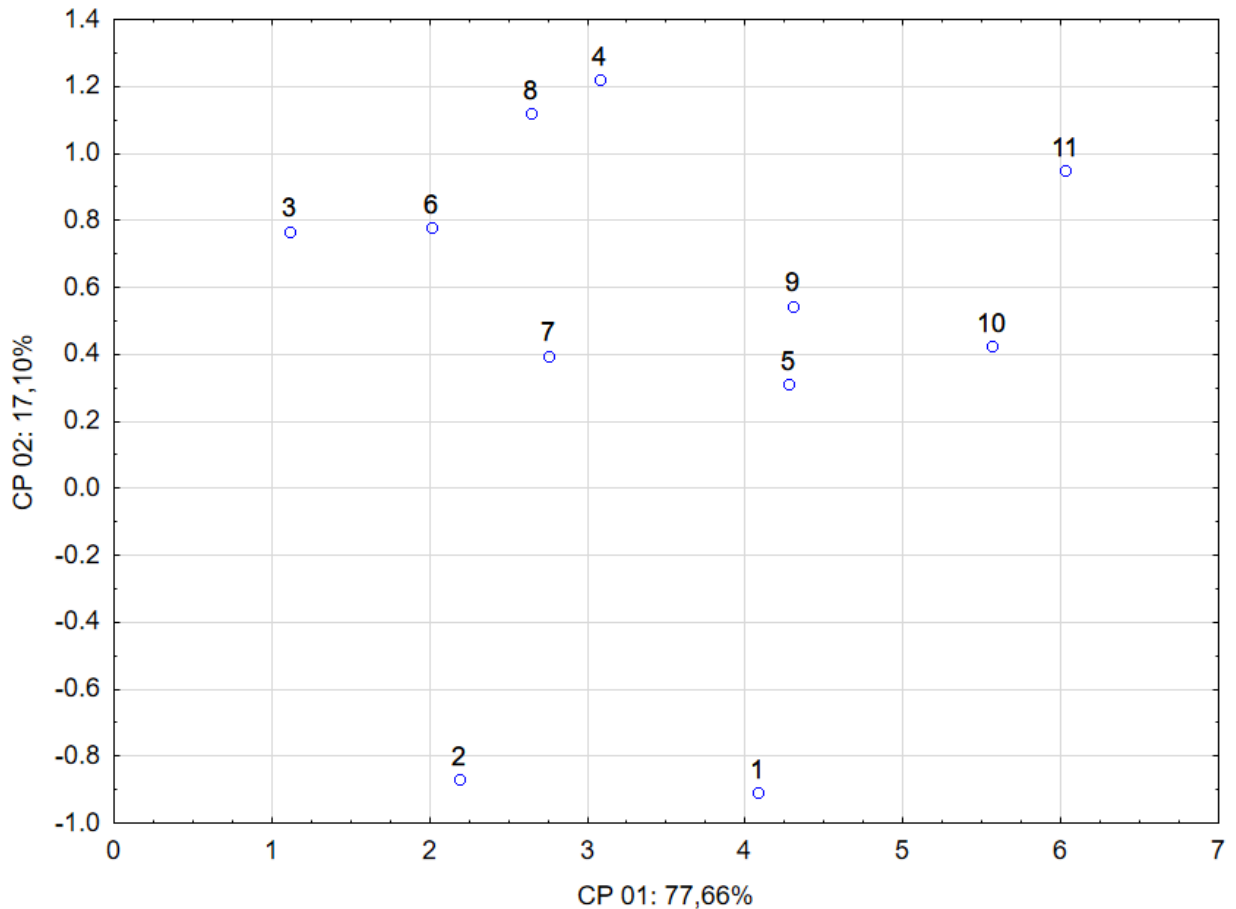


Figura 5. Dispersão gráfica de escores dos 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) em relação as duas componentes principais, tendo como base os três atributos biológicos do solo (carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e respiração do solo), sendo: ⁽¹⁾ Jataí; ⁽²⁾ Aporé; ⁽³⁾ Serranópolis; ⁽⁴⁾ Caiapônia-P1; ⁽⁵⁾ Caiapônia-P2; ⁽⁶⁾ Barra do Garças; ⁽⁷⁾ Piranhas; ⁽⁸⁾ Abadiânia-P1; ⁽⁹⁾ Abadiânia-P2; ⁽¹⁰⁾ Mineiros-P1; ⁽¹¹⁾ Mineiros-P2.

Observa-se pelo gráfico, que em concordância com método de Otimização de Tocher, os ambientes Caiapônia-P1, Abadiânia-P1, Barra do Garças estão próximos, sendo similares. O ambiente Aporé é o mais distante dos demais, demonstrando também concordância com os métodos de agrupamento Tocher e UPGMA.

Meireles et al. (2012) afirmam que o uso da análise multivariada componentes principais, favoreceu a distribuição dos atributos do solo, nas superfícies geomórficas I, II e III, em seu trabalho com relação a solo-paisagem.

2.3.1.2.3.2. Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

Quanto à estimativa dos autovalores em relação às componentes principais, nota-se que as duas componentes principais explicaram 87,87% da variação total dos atributos biológicos do solo, contida nos 10 ambientes de coleta de Gabirobeiras em estudo (Tabela 8).

Tabela 8. Análise de componentes principais (autovalores, variância e variância acumulada), gerada a partir dos 3 atributos biológicos do solo (carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e respiração do solo) para os 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

Componente Principal	Autovalores	Variância (%)	Variância Acumulada (%)
1	1,937	64,56	64,56
2	0,699	23,31	87,87
3	0,364	12,13	100,00

Pelos coeficientes dos autovetores associados às componentes principais, percebe-se que o carbono da biomassa microbiana do solo, é o atributo de maior peso nos últimos autovetores, sendo considerado de menor importância para o estudo da diversidade entre os 10 ambientes de coleta de Gabirobeiras.

Como as duas componentes, explicaram 87,87% da variação total dos dados, a plotagem dos escores gerados pelas duas componentes é viável, demonstrando com confiabilidade a variabilidade existente num espaço bidimensional (Figura 6).

Comparando-se o método UPGMA pelo dendrograma e o agrupamento Tocher, com o ACP, pode-se observar algumas concordâncias quanto à discriminação dos grupos. Observa-se que o ambiente de coleta Jataí-P1 foi alocado isolado pelo método UPGMA, e pela ACP ele é o ambiente do grupo I de Tocher, alocado mais distante.

O uso da técnica aumenta as informações a respeito da unidade de avaliação mais divergente, que neste caso é o ambiente de coleta Mineiros, que foi alocado isolado pelos três métodos adotados. As análises de distribuição espacial que consideram os diferentes solos, com o uso da estatística multivariada, podem contribuir para melhor entendimento do ambiente (BORUVKA & KOZAK, 2001). Segundo Freddi et al. (2008) as técnicas de estatística multivariada levam em consideração a totalidade das variáveis, pois uma depende da outra, e as

informações são fornecidas pelo conjunto e não individualmente, sendo assim, mais eficientes.

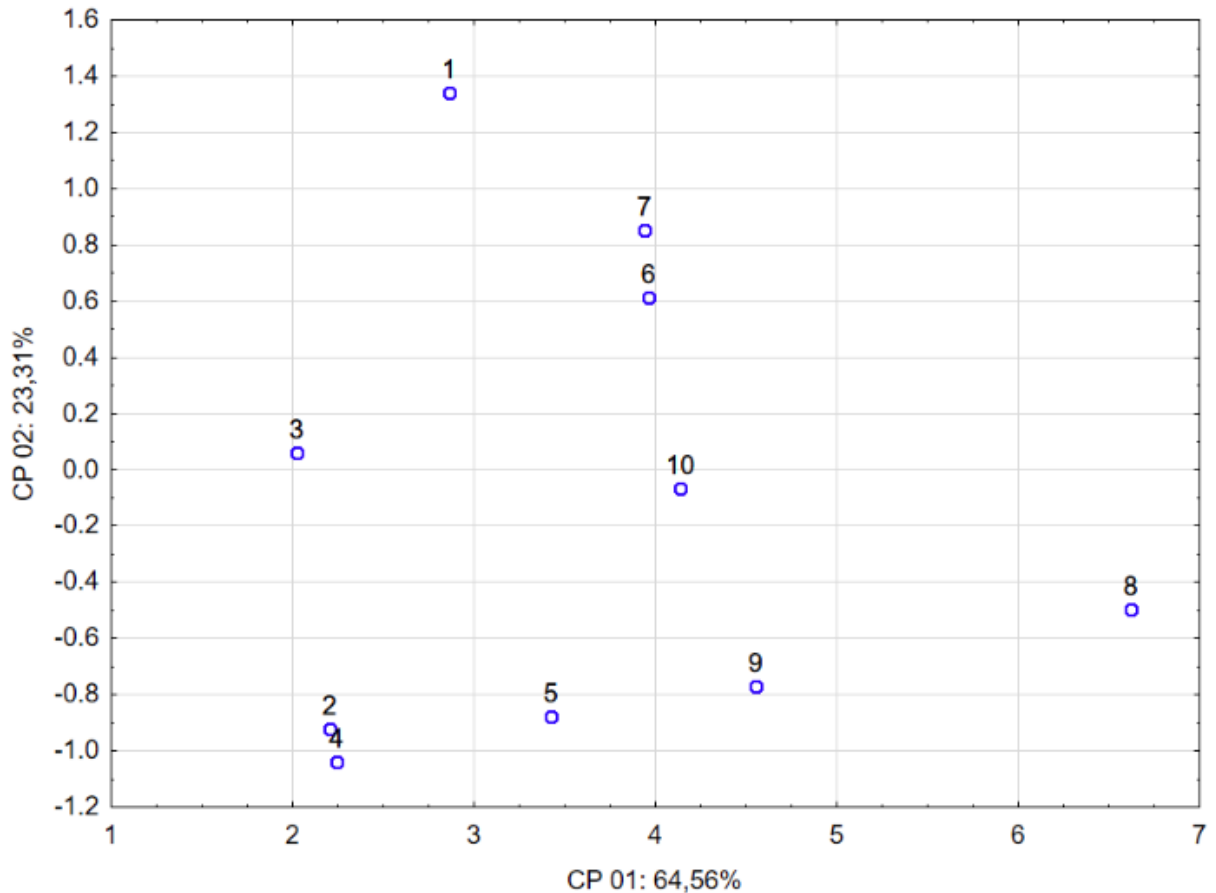


Figura 6. Dispersão gráfica de escores dos 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.) em relação às duas componentes principais, tendo como base os três atributos biológicos do solo (carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e respiração do solo), sendo: ⁽¹⁾ Jataí-P1; ⁽²⁾ Jataí-P2; ⁽³⁾ Aporé; ⁽⁴⁾ Serranópolis; ⁽⁵⁾ Caiapônia; ⁽⁶⁾ Rio Verde; ⁽⁷⁾ Abadiânia; ⁽⁸⁾ Mineiros; ⁽⁹⁾ Perolândia; ⁽¹⁰⁾ Jataí-P3.

2.3.1.2.4. Contribuição Relativa dos atributos biológicos

2.3.1.2.4.1. Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

Na Tabela 9, encontra-se a contribuição relativa dos atributos carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e respiração do solo, para a dissimilaridade entre

os ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado, utilizando-se o critério proposto por Singh (1981) com dados padronizados.

Tabela 9. Contribuição relativa dos 3 atributos biológicos do solo para a dissimilaridade dos 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

Variável	S.j	Valor em %
CBMS ⁽¹⁾	11,74	35,82
NBMS ⁽³⁾	12,42	37,89
RS ⁽²⁾	8,62	26,29

⁽¹⁾ CBMS – Carbono da biomassa microbiana do solo; ⁽²⁾ RS – Respiração do solo; NBMS ⁽³⁾ – Nitrogênio da biomassa microbiana do solo.

Verificou-se que para os ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado estudados, os atributos carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo contribuíram de maneira semelhante para a discriminação da variância, sendo a respiração do solo o atributo que menos contribuiu com a discriminação (26,29%).

2.3.1.2.4.2. Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

Na Tabela 10, encontra-se a contribuição relativa dos atributos carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e respiração do solo, para a dissimilaridade entre os ambientes de coleta de Gabirobeiras, utilizando-se o critério proposto por Singh (1981) com dados padronizados.

Tabela 10. Contribuição relativa dos 3 atributos biológicos do solo para a dissimilaridade dos 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

Variável	S.j	Valor em %
CBMS ⁽¹⁾	7,92	27,72
NBMS ⁽³⁾	11,55	40,43
RS ⁽²⁾	9,10	31,85

⁽¹⁾ CBMS – Carbono da biomassa microbiana do solo; ⁽²⁾ RS – Respiração do solo; NBMS ⁽³⁾ – Nitrogênio da biomassa microbiana do solo.

Pode-se verificar que o atributo nitrogênio da biomassa microbiana teve a maior contribuição na variação entre os ambientes de ocorrência e o atributo carbono da biomassa microbiana foi o que menos contribuiu com a variabilidade.

2.3.2. Atributos químicos do solo

2.3.2.1. Análise descritiva

2.3.2.1.1. pH, matéria orgânica e fósforo solúvel

2.3.2.1.1.1. Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

A análise descritiva dos dados de pH, matéria orgânica e fósforo solúvel no solo, em três profundidades e em diferentes ambientes de coletas de Cajuzinho-do-cerrado, encontra-se na Tabela 11.

Tabela 11. Valores médios, mínimo, máximo, coeficiente de variação, variância e desvio padrão para pH, matéria orgânica e fósforo solúvel no solo, na profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm em diferentes ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

Variável	Profundidade ⁽⁴⁾	Média	Mínimo	Máximo	CV (%)	Variância	Desvio padrão
pH ⁽¹⁾	0 a 10	5,21	4,86	5,51	4,30	0,05	0,22
	10 a 20	5,27	4,90	5,64	4,51	0,06	0,24
	20 a 40	5,37	5,16	5,78	3,65	0,04	0,2
MO ⁽²⁾	0 a 10	23,93	6,17	51,75	61,34	215,5	14,68
	10 a 20	22,78	6,11	40,38	57,34	170,55	13,06
	20 a 40	17,66	5,45	29,98	55,82	97,2	9,86
P ⁽³⁾	0 a 10	1,24	0,21	3,56	73,89	0,84	0,92
	10 a 20	0,72	0,07	1,54	66,04	0,23	0,47
	20 a 40	0,62	0,07	1,54	78,70	0,24	0,49

⁽¹⁾ pH em H₂O; ⁽²⁾ MO – Matéria orgânica em g dm⁻³; ⁽³⁾ P – Fósforo disponível Mehlich-1 em mg dm⁻³; ⁽⁴⁾ profundidade em cm.

Observa-se que existe um aumento do pH com a profundidade do solo, onde as camadas superficiais são mais ácidas que as subsuperficiais (Tabela 11). No entanto, por apresentar pH entre 4,86 e 5,78 as amostras de solo podem ser classificadas de acidez elevada a média de acordo com Sousa & Lobato (2004).

Os valores mínimos de pH nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm foram encontrados para o ambiente de coleta Serranópolis (4,86; 4,90 e 5,16, respectivamente), sendo um solo de acidez elevada nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 20 cm e acidez média na profundidade de 20 a 40 cm. Os valores máximos

foram encontrados para o ambiente de coleta Jataí (5,51; 5,64 e 5,78, respectivamente), sendo considerado um solo de acidez média nas três profundidades em estudo. Estes dados apresentam indicativo de que o cajuzinho ocorre em solos de alta à média acidez, corroborando com Lourente et al. (2011), Carneiro et al. (2009) e D' Andréa et al. (2002).

Os menores valores de matéria orgânica foram encontrados para o ambiente de coleta Aporé (6,17; 6,11 e 5,45 g dm⁻³ nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm, respectivamente), e os maiores valores (51,75; 40,38 e 29,98 g dm⁻³ nas três profundidades em estudo, respectivamente), para o ambiente de coleta Mineiros-P2 (Tabela 11). Observa-se que houve uma redução da matéria orgânica com a profundidade do solo, podendo ser explicado, conforme relatada Skorupa et al., (2012), pela maior ocorrência de gramíneas nos ambientes de coleta, resultando em grande biomassa radicular e resíduos recalcitrantes na camada superficial do solo, apesar da baixa biomassa aérea.

Analisando a granulometria destes solos, pode-se verificar que o ambiente de coleta Aporé é classificado com textura arenosa e o ambiente de coleta Mineiros-P2 é classificado com textura muito argilosa. Em solos argilosos são encontrados maiores teores de matéria orgânica em relação a solos arenosos, tal fato é explicado devido aos solos arenosos apresentarem maior aeração e temperatura que os solos argilosos, fatores estes que favorecem a decomposição da matéria orgânica do solo. Em área com vegetação nativa, solos arenosos também apresentam menor capacidade de proporcionar um adequado crescimento e desenvolvimento das plantas e com isso menor deposição de resíduos vegetais, o que leva a menor formação de matéria orgânica (SKORUPA et al., 2012; DIAS et al., 2003).

Souza & Alves (2003) avaliando um Latossolo Vermelho de textura argilosa, com vegetação original de Cerrado, no município de Selvíria - MS, encontraram valores de 42,4, 32,8 e 21,5 g dm⁻³ de matéria orgânica nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm, respectivamente, constatando também uma diminuição dos teores de matéria orgânica em relação a profundidade.

Todos estes resultados corroboram com o trabalho pioneiro de Lopes & Cox (1977), que utilizando 518 amostras representativas de solos do bioma Cerrado verificaram que o conteúdo de matéria orgânica variou de 7 a 60 g dm⁻³, com uma média de 22 g dm⁻³.

Ao observar a análise descritiva para o fósforo solúvel, nas três profundidades estudadas (Tabela 11), verifica-se que os teores para todos os ambientes de coleta são classificados como muito baixos (SOUSA & LOBATO 2004). A deficiência de fósforo nos solos tropicais é intensa graças à elevada acidez e a presença de grandes proporções de argila sesquioxídica, o que aumenta muito a adsorção de fosfatos e a formação de precipitados com ferro (Fe) e alumínio (Al), reduzindo, conseqüentemente, a disponibilidade de fósforo (P) para as plantas (SANCHEZ & SALINAS, 1981).

Os valores de fósforo foram decrescentes dos ambientes de coleta onde os solos são de textura arenosa ($3,56 \text{ g dm}^{-3}$) para os ambientes de coleta onde os solos são de textura muito argilosa ($0,07 \text{ g dm}^{-3}$). Em solos com maiores teores de areia, aumenta a disponibilidade de fósforo, uma vez que sua retenção torna-se mais fraca e a disponibilização mais fácil (MACHADO et al., 2011).

Os valores obtidos de fósforo estão próximos aos citados por Eberhardt et al. (2008), que avaliando Latossolos sob pastagens em duas regiões do bioma Cerrado, encontraram que os teores de fósforo variaram de $0,2$ a $2,6 \text{ g dm}^{-3}$, com média de $0,9 \text{ g dm}^{-3}$, e também corroboram com o estudo de Carneiro et al. (2009), que encontraram $1,4 \text{ g dm}^{-3}$ de teor de fósforo para solos de uma vasta área da região dos Cerrados.

Analisando o coeficiente de variação (CV%) dos dados de pH, matéria orgânica e fósforo solúvel no solo, nas três profundidades (Tabela 11), observa-se que os ambientes de coleta de ocorrência do Cajuzinho-do-cerrado foram mais uniformes para o atributo pH (CV médio de 4,15 %) e menos uniformes para o atributo matéria orgânica (CV médio de 58,16 %) e fósforo (CV médio de 72,88%).

2.3.2.1.1.2. Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

A análise descritiva dos dados de pH, matéria orgânica e fósforo solúvel no solo, em três profundidades e em diferentes ambientes de coletas de Gabirobeiras, encontra-se na Tabela 12.

Observa-se que existe um aumento do pH com a profundidade do solo (Tabela 12). De acordo com as avaliações individualizadas, 76,70% dos ambientes

de coleta de Gabirobeiras apresentam uma acidez média e 23,30% apresentam uma acidez elevada de acordo com Sousa & Lobato (2004).

Tabela 12. Valores médios, mínimo, máximo, coeficiente de variação, variância e desvio padrão para pH, matéria orgânica e fósforo solúvel no solo, nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm em diferentes ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

Variável	Profundidade ⁽⁴⁾	Média	Mínimo	Máximo	CV(%)	Variância	Desvio padrão
pH ⁽¹⁾	0 a 10	5,22	4,91	5,65	4,75	0,06	0,25
	10 a 20	5,31	4,93	5,78	5,51	0,09	0,29
	20 a 40	5,41	5,14	5,80	4,54	0,06	0,25
MO ⁽²⁾	0 a 10	20,58	9,10	40,77	57,75	141,27	11,89
	10 a 20	17,51	6,32	32,42	53,40	87,37	9,35
	20 a 40	13,63	3,52	26,00	55,06	56,36	7,51
P ⁽³⁾	0 a 10	1,87	0,35	11,59	183,83	11,86	3,44
	10 a 20	1,13	0,21	5,17	137,11	2,38	1,54
	20 a 40	1,22	0,07	7,68	189,84	5,33	2,31

⁽¹⁾ pH – em H₂O; ⁽²⁾ MO – Matéria orgânica em g dm⁻³; ⁽³⁾ P – Fósforo disponível Mehlich-1 em mg dm⁻³; ⁽⁴⁾ profundidade em cm.

As plantas frutíferas, assim como todas as perenes, permanecem longos períodos explorando praticamente o mesmo volume de solo, razão pela qual o ambiente radicular, em especial com respeito à acidez, característica comum nos solos tropicais, merece a máxima atenção (NATALE, 2015).

Os valores mínimos de pH nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm foram encontrados para o ambiente de coleta Apuré (4,91; 4,93 e 5,14, respectivamente), sendo um solo de acidez elevada nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 20 cm e acidez média na profundidade 20 a 40 cm. Os valores máximos foram encontrados para o ambiente de coleta Jataí-P3 (5,65; 5,78 e 5,80, respectivamente), sendo considerado um solo de acidez média nas três profundidades em estudo (SOUSA & LOBATO, 2004).

Barbosa & Lima (2010) ao estudarem os solos mais adequados para o cultivo da goiabeira (*Psidium guajava* L.) pertencente também à família Myrtaceae (mesma família das Gabirobeiras), constataram que o pH entre 5,0 e 6,5 favorecem essa cultura. Observa-se que para os ambientes de coleta de Gabirobeiras, os valores de pH estão próximos aos considerados adequados para a cultura da goiaba.

Espécies nativas que ocorrem no bioma Cerrado são resistentes e tolerantes às condições edáficas consideradas desfavoráveis às plantas cultivadas, principalmente em relação à acidez do solo. Mas sua distribuição e frequência nas

comunidades nativas, crescimento e produtividade são determinados também pela disponibilidade de nutrientes, regime hídrico do solo e outros fatores edáficos (HARIDASAN, 2008).

Os menores valores de matéria orgânica foram encontrados para o ambiente de coleta Jataí-P1 (9,10; 6,32 e 3,52 g dm⁻³ nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm, respectivamente). Os maiores valores de matéria orgânica (40,77; 32,42 e 26,00 g dm⁻³ nas três profundidades em estudo, respectivamente) foram encontrados para o ambiente de coleta Mineiros (Tabela 12). Observa-se que houve uma redução da matéria orgânica com a profundidade do solo. Isso pode ser explicado pelo acúmulo de matéria orgânica de maior magnitude na camada superficial, em solos não manejados (SANTOS et al., 2011; VIEIRA et al., 2009).

Analisando a granulometria destes solos, pode-se verificar que o ambiente de coleta Jataí-P1 classificado como textura arenosa, possui menores teores de matéria orgânica, e o ambiente de coleta Mineiros classificado de textura muito argilosa, possui os maiores teores de matéria orgânica nas três profundidades em estudo e maiores valores dos atributos biológicos estudados. Este aspecto também foi observado para os ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado.

Figueiredo et al. (2008) estudando a matéria orgânica de um Latossolo Vermelho de textura argilosa em Cerrado nativo na profundidade de 0 a 20 cm, encontraram um teor de 24,20 g dm⁻³, estes valores corroboram com os encontrados nos ambientes de coleta de Gabirobeiras, e estão dentro da faixa dos teores de matéria orgânica encontrados por Lopes & Cox (1977), que em trabalho pioneiro para solos da região dos Cerrados, encontram valores médios de 22 g dm⁻³.

Ao interpretar a análise descritiva para o fósforo solúvel, nas três profundidades estudadas (Tabela 12), verifica-se que os teores, para todos os ambientes de coleta são classificados como muito baixos (SOUSA & LOBATO 2004). Esse fato pode ser explicado pelo elevado grau de intemperismo e pelos baixos teores de fósforo na forma disponível as plantas nos solos tropicais (ROCHA et al., 2005).

Foi possível verificar que os valores de fósforo foram decrescentes dos ambientes de coleta onde os solos são de textura arenosa, para os ambientes onde os solos são de textura muito argilosa. O mesmo fato observado para os ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado.

Pérez (2011), avaliando o fósforo no desenvolvimento inicial da gabioba (*Campomanesia adamantium*), cultivadas em vasos constatou que a maior altura de planta e massa fresca das folhas, caules e raízes foi no tratamento com 380 kg ha⁻¹ de P₂O₅, indicando que as plantas de gabiobas exigem doses altas de P para seu crescimento. No entanto, pelos dados gerados do presente estudo, nota-se que nos ambientes naturais de ocorrência das Gabiobeiras, os níveis de fósforo para as três profundidades são considerados muito baixos.

Larche (2005) observou que baixo teor de fósforo no solo onde ocorriam espécies de *Campomanesia*, pode ter influenciado a floração. A ausência ou presença de floração e frutificação também sofre influência direta de fatores como fotoperíodo, pluviosidade e temperatura.

Analisando o coeficiente de variação (CV%) dos dados de pH, matéria orgânica e fósforo solúvel no solo, nas três profundidades (Tabela 12), observa-se que os ambientes de ocorrência de Gabiobeiras foram mais uniformes para o atributo pH (CV médio de 4,93%) e menos uniformes para o atributo matéria orgânica (CV médio de 55,40%). Em relação ao fósforo (CV médio de 170,26%), os ambientes de coleta de Gabiobeiras mostraram-se muito heterogêneos, o que indica variação muito grande de um ambiente para outro.

2.3.2.1.2. Cátions do solo

2.3.2.1.2.1. Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

A análise descritiva dos dados de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), alumínio (Al) e H + Al no solo em três profundidades, nos diferentes ambientes de coletas de Cajuzinho-do-cerrado, encontra-se na Tabela 13.

Verifica-se que os teores de Ca, Mg e K decresceram com a profundidade do solo (Tabela 13). Para todos os ambientes de coleta de Cajuzinho-de-cerrado, os valores de Ca e Mg são classificados como baixos (SOUSA & LOBATO, 2004).

Pela avaliação individualizada dos dados pode-se notar que as amostras de solo coletadas nas três profundidades estudadas (de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm), no ambiente de coleta de Aporé apresentam teores baixos de potássio (8,05; 8,05 e

6,44 mg dm⁻³, respectivamente). O ambiente Caiapônia-P2 apresentou altos teores de potássio (98,15; 85,28 e 69,19 mg dm⁻³ nas três profundidades estudadas, respectivamente).

Tabela 13. Valores médios, mínimo, máximo, coeficiente de variação, variância e desvio padrão para cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), alumínio (Al) e H + Al no solo nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm em 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

Variável	Profundidade ⁽³⁾	Média	Mínimo	Máximo	CV (%)	Variância	Desvio padrão
Ca ⁽¹⁾	0 a 10	0,16	0,02	0,53	95,98	0,02	0,15
	10 a 20	0,09	0,01	0,30	95,67	0,01	0,09
	20 a 40	0,06	0,01	0,17	94,06	0,00	0,06
Mg ⁽¹⁾	0 a 10	0,07	0,02	0,17	63,49	0,00	0,05
	10 a 20	0,05	0,02	0,16	72,10	0,00	0,03
	20 a 40	0,04	0,01	0,12	111,73	0,00	0,05
K ⁽²⁾	0 a 10	44,18	8,05	98,15	58,96	678,44	26,05
	10 a 20	35,40	8,05	85,28	71,18	634,87	25,20
	20 a 40	27,35	6,44	69,19	77,05	444,24	21,08
Al ⁽¹⁾	0 a 10	1,06	0,31	3,35	80,39	0,72	0,85
	10 a 20	1,04	0,17	3,76	96,92	1,01	1,01
	20 a 40	1,15	0,12	6,06	145,94	2,83	1,68
H+Al ⁽¹⁾	0 a 10	7,40	3,18	11,14	38,28	8,02	2,83
	10 a 20	6,53	3,30	9,49	35,62	5,42	2,33
	20 a 40	5,85	3,00	9,24	32,57	3,63	1,90

⁽¹⁾ Ca, Mg, Al e H+Al em cmol_c dm⁻³; ⁽²⁾ K – potássio em mg dm⁻³; ⁽³⁾ profundidade em cm.

Mais de 40% dos ambientes de coleta estudados apresentam baixos teores de potássio. Sabendo de sua importância sobre a qualidade dos frutos de muitas espécies frutíferas cultivadas, são dignas de registro as fruteiras do Cerrado, devido à quantidade e a qualidade dos frutos que muitas destas plantas apresentam nestas condições extremamente deficientes em nutrientes do solo. Revelando uma forte adaptação destas plantas dos Cerrados a estas condições ambientais, fazendo com que as raízes explorem uma maior área de nutrientes (MOREIRA, 1987; RODRIGUES, 1991).

Os teores de Ca, Mg e K encontrados estão próximos aos de Oliveira et al. (2004), que avaliando um Latossolo Vermelho distrófico, típico da estação experimental do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Embrapa Cerrados), localizada no Planalto Central do Brasil, em Planaltina – DF, encontraram valores de 0,4; 0,3 e 0,3 cmol_c dm⁻³ para teor de Ca, 0,2; 0,1 e 0,1 cmol_c dm⁻³ para o

teor de Mg e 37,0; 20,0 e 14,5 mg dm⁻³ para o teor de K nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40, respectivamente.

Para o alumínio trocável no solo (Tabela 13), os menores valores encontrados (0,31; 0,17 e 0,12 cmol_c dm⁻³ nas três profundidades em estudo), foi para o ambiente de coleta de Abadiânia-P2. Os maiores valores (3,35; 3,76 e 6,06 cmol_c dm⁻³ nas três profundidades estudadas, respectivamente) para o ambiente de coleta Caiapônia-P1. Mais de 75% das amostras de solo apresentaram resultados acima de 0,5 cmol_c dm⁻³ de alumínio, sendo considerado de médio a alto, o teor deste elemento tóxico para as plantas, conforme Tome Júnior (1997).

Deve-se ressaltar que até 40 cm de profundidade, todas as amostras apresentaram teores deste elemento em nível tóxico as plantas. Sendo assim é interessante observar a grande capacidade de sobrevivência destas plantas típicas do Cerrado nestas condições de alta toxidez de alumínio no solo.

Referindo-se à acidez potencial (H + Al), observa-se que estes elementos tendem a diminuir com a profundidade do solo (Tabela 13). Os valores de H + Al representam grande porcentagem na capacidade de troca de cátions (CTC), visto que os teores muito baixos de Ca, Mg e K pouco contribuem para ocupar as cargas negativas dos solos em estudo. Deve-se observar que não existe classificação para os teores de H + Al, pois o objetivo principal dessa determinação é fornecer parte dos elementos, para cálculo da CTC (TOMÉ JUNIOR, 1997).

Todos estes resultados corroboram com Santana & Naves (2003), que caracterizando ambientes de Cerrado com alta densidade de pequizeiros (*Caryocar brasiliense* Camb.), verificaram que os níveis são considerados médios ou críticos para Ca, Mg e K e para o alumínio os níveis no solo são considerados elevados.

Analisando o coeficiente de variação (CV), verifica-se que este foi maior que 55% para Ca, Mg, K e Al, exceto para o atributo H + Al, indicando grande variação entre os ambientes de coleta do Cajuzinho-do-cerrado em relação a estes atributos (Tabela 13). Santana & Naves (2003) observaram que o CV foi menor que 55% para estes atributos, indicando que os ambientes de ocorrência de pequizeiros tiveram uma maior uniformidade em relação aos cátions do solo, comparado aos ambientes de ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado deste trabalho.

2.3.2.1.2.2. Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

A análise descritiva dos dados de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), alumínio (Al) e H + Al no solo em três profundidades, nos diferentes ambientes de coleta de Gabirobeiras, encontra-se na Tabela 14.

Tabela 14. Valores médios, mínimo, máximo, coeficiente de variação, variância e desvio padrão para cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), alumínio (Al) e H + Al no solo nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm em 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

Variável	Profundidade ⁽³⁾	Média	Mínimo	Máximo	CV (%)	Variância	Desvio padrão
(Ca) ⁽¹⁾	0 a 10	0,21	0,01	0,66	97,05	0,04	0,20
	10 a 20	0,13	0,01	0,48	108,80	0,02	0,14
	20 a 40	0,08	0,01	0,25	84,25	0,00	0,07
(Mg) ⁽¹⁾	0 a 10	0,10	0,03	0,31	80,97	0,01	0,08
	10 a 20	0,06	0,02	0,21	95,06	0,00	0,06
	20 a 40	0,04	0,01	0,13	93,67	0,00	0,03
(K) ⁽²⁾	0 a 10	23,65	12,87	40,23	38,09	81,17	9,01
	10 a 20	18,34	8,05	35,40	56,13	106,00	10,30
	20 a 40	13,84	8,05	33,79	59,59	68,00	8,25
(Al) ⁽¹⁾	0 a 10	0,58	0,05	1,77	92,62	0,29	0,54
	10 a 20	0,55	0,04	1,70	86,13	0,23	0,48
	20 a 40	0,50	0,05	2,04	115,01	0,33	0,57
H+Al ⁽¹⁾	0 a 10	5,48	2,79	9,90	45,83	6,3	2,51
	10 a 20	5,04	2,72	7,89	40,39	4,15	2,04
	20 a 40	4,45	2,41	6,52	31,42	1,96	1,40

⁽¹⁾ Ca, Mg, Al e H+Al em $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$; ⁽²⁾ K – potássio em mg dm^{-3} ; ⁽³⁾ profundidade em cm.

Os teores de Ca, Mg e K decresceram com a profundidade do solo (Tabela 14). Para todos os ambientes de coleta de Gabirobeiras, os valores de Ca e Mg são classificados como baixos (SOUSA & LOBATO, 2004).

As amostras de solo coletadas nas três profundidades estudadas, o ambiente de coleta Serranópolis apresentou os mais baixos teores de potássio (12,87; 8,05 e 8,05 mg dm^{-3} , respectivamente). As amostras de solo coletadas em Abadiânia apresentaram médios teores de potássio (40,23; 35,40 e 37,79 mg dm^{-3} nas três profundidades estudadas, respectivamente).

Pela análise individualizada dos dados, verificou-se que mais de 80% dos ambientes de coleta de Gabirobeiras estudados apresentaram teores baixos de potássio. Este nutriente apresenta-se na forma catiônica (K^+) e seus sais apresentam alta solubilidade, o que associado à baixa capacidade de troca catiônica

(CTC) dos solos de Cerrado, favorece a ocorrência de perdas por lixiviação. Devido a este aspecto, a reserva mineral de potássio nos solos de Cerrado é muito pequena (SOUSA et al., 2004).

Mesquita et al. (2007) estudando 14 áreas no estado de Goiás, com alta densidade da espécie *Annona crassiflora* Mart. (araticum), observaram que os teores de Ca, Mg e K estavam de muito baixos a baixos, corroborando com este trabalho e com outros levantamentos realizados no ambiente natural do Cerrado (OLIVEIRA et al., 2004; SANTANA & NAVES, 2003).

Para o alumínio trocável no solo (Tabela 14), verifica-se que este elemento apresenta-se de forma crescente no perfil do solo. Este se expõe de forma mínima (0,05; 0,04 e 0,05 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas três profundidades, respectivamente) no ambiente de coleta Jataí-P3 e de forma máxima (1,77; 1,70 e 2,04 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas três profundidades estudadas, respectivamente) no ambiente de coleta Caiapônia.

Observa-se que na região do Cerrado, altos teores de alumínio e baixos teores de cálcio e magnésio não é só superficial (de 0 a 20 cm), ocorrendo também na subsuperfície (de 20 a 40 cm). Metade dos ambientes de coleta de Gabirobeiras apresentaram teores acima de 0,5 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de alumínio nas três profundidades em estudo, sendo considerado de médio a alto o teor deste elemento tóxico para as plantas, afirmando a grande adaptabilidade das plantas do Cerrado a elevados teores deste elemento (SOUSA & LOBATO, 2004; TOMÉ JÚNIOR, 1997).

Salvador et al. (2000) realizaram um experimento em solução nutritiva, durante 110 dias, para avaliar os efeitos do alumínio sobre o crescimento de mudas de goiabeira. Constatando que a maior concentração de Al reduziu a absorção de P, Ca, Mg, S, Fe e Mn, afetando o transporte desses nutrientes para a parte aérea. Ainda afirmaram que a redução dos teores de Ca e Mg deveu-se, provavelmente, a uma inibição interiônica desses cátions pelo Al, e que a goiabeira, na sua fase inicial, não foi tolerante ao alumínio nas concentrações acima de 10 mg L^{-1} .

Referindo-se à acidez potencial (H + Al), observa-se que estes elementos tendem a diminuir com a profundidade do solo (Tabela 14). Os menores valores de H + Al (2,79; 2,72 e 2,41 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ para as profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm, respectivamente) foi para o ambiente de coleta Serranópolis. Os maiores valores (9,90; 7,89 e 6,52 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas três profundidades estudadas, respectivamente), foram para as análises de solo do ambiente de coleta Mineiros. Como os valores de H + Al representam grande porcentagem na CTC potencial do

solo, conseqüentemente estes ambientes de coleta também possuem maiores e menores valores de CTC potencial (TOMÉ JÚNIOR, 1997).

Analisando o coeficiente de variação (CV), verifica-se que este foi maior que 80% para Ca, Mg, Al, indicando grande variação entre os ambientes de coleta de Gabirobeiras em relação a estes atributos. E menores que 60% para os atributos K e H + Al (Tabela 14). Em relação ao trabalho de Mesquita et al. (2007), observa-se que o CV foi menor que 50% para todos os atributos citados acima, indicando que os ambientes de ocorrência de araticunzeiro, tiveram uma maior uniformidade comparado, aos ambientes de ocorrência de Gabirobeiras deste trabalho, no que se refere aos cátions do solo.

2.3.2.1.3. Soma de bases (SB), Capacidade de troca de cátions a pH 7 (T), Capacidade efetiva de troca de cátions (t), Saturação de bases (V) e Saturação por alumínio (m)

2.3.2.1.3.1. Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

Observa-se que os valores de SB, T e V decrescem com a profundidade do solo (Tabela 15). Como estes fatores estão ligados com a soma dos cátions presentes no solo (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , H + Al) e eles tenderam a decrescer ao longo do perfil do solo, era esperado que isso ocorresse também para estes atributos.

Os menores valores de soma de bases foram encontrados para o ambiente de coleta Aporé (0,07; 0,06 e 0,05 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm, respectivamente), e os maiores valores foram para o ambiente de coleta Piranhas (0,80; 0,56 e 0,46 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ nas três profundidades em estudo, respectivamente).

Os menores valores de CTC foram encontrados para o ambiente de coleta Aporé (3,25; 3,27 e 3,10 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm, respectivamente) e os maiores valores foram para o ambiente Mineiros-P2 (11,54; 9,42 e 9,95 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ nas três profundidades em estudo, respectivamente) (Tabela 15). Nos solos do Cerrado, por serem bastante intemperizados, a caolinita e os óxidos de ferro e alumínio são importantes componentes da fração mineral destes

solos, e contribuem pouco para a CTC, sendo a matéria orgânica a principal fonte de carga para estes solos. Em relação a este aspecto, verifica-se que os mesmos ambientes com menores e maiores valores de CTC, possuem menores e maiores teores de matéria orgânica, conforme salientado por Ronquim (2010).

Tabela 15. Valores médios, mínimo, máximo, coeficiente de variação, variância e desvio padrão para soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T), CTC efetiva (t), saturação de bases (V), saturação por alumínio (m) no solo, nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm em diferentes ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

Variável	Profundidade ⁽³⁾	Média	Mínimo	Máximo	CV (%)	Variância	Desvio padrão
SB ⁽¹⁾	0 a 10	0,34	0,07	0,80	63,76	0,05	0,22
	10 a 20	0,23	0,06	0,56	74,86	0,03	0,17
	20 a 40	0,17	0,05	0,46	79,54	0,02	0,13
T ⁽¹⁾	0 a 10	7,74	3,37	11,54	36,27	7,88	2,81
	10 a 20	6,77	3,25	9,95	34,48	5,44	2,33
	20 a 40	6,02	3,10	9,42	32,68	3,86	1,97
t ⁽¹⁾	0 a 10	1,40	0,43	3,81	67,15	0,89	0,94
	10 a 20	1,27	0,25	4,13	87,32	1,23	1,11
	20 a 40	1,32	0,18	6,52	85,30	3,24	1,8
V ⁽²⁾	0 a 10	5,03	1,54	15,25	82,41	17,19	4,15
	10 a 20	3,77	1,12	11,52	82,19	9,60	3,10
	20 a 40	2,81	0,72	6,96	69,97	3,87	1,97
m ⁽²⁾	0 a 10	73,54	49,55	90,32	18,93	193,73	13,92
	10 a 20	78,44	65,15	91,06	12,77	100,27	10,01
	20 a 40	81,98	66,16	92,93	11,08	82,49	9,08

⁽¹⁾ SB, T e t em $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$; ⁽²⁾ V e m em %; ⁽³⁾ profundidade em cm.

Para a CTC efetiva, observa-se que os menores valores encontrados foi para a amostra de Abadiânia-P2 (0,43; 0,25 e 0,18 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm, respectivamente), e os maiores valores foram para Caiapônia-P2 (3,81; 4,13 e 6,52 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas três profundidades em estudo, respectivamente) (Tabela 15). Para todos os ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado os valores de CTC efetiva foram considerados baixos (0,81 a 2,30 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) (VENEGAS et al.,1999).

Destaca-se que os maiores valores de saturação de bases, foram para o ambiente de coleta Piranhas (15,25; 11,52 e 6,96% nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm, respectivamente), e os menores valores foram para o ambiente de coleta Jataí (1,54; 1,12 e 0,72% nas três profundidades em estudo, respectivamente) (Tabela 15).

Os resultados obtidos indicam que a saturação de bases das amostras de solos de todos os ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado, foram enquadradas segundo Venegas et al. (1999), como muito baixas (menor ou igual a 20%). Ressalta-se que, além de apresentar uma saturação de bases muito baixa, esta saturação representa um percentual da CTC que, no caso dos solos do Cerrado, também é muito baixa, conforme salienta Naves (1999).

A saturação por alumínio aumentou com a profundidade do solo (Tabela 15), assim como o teor de alumínio também aumentou com a profundidade dos solos em estudo. Todas as amostras de solo indicam solos com alta (20 a 60%) a muito alta (maior que 60%) saturação por alumínio, conforme Sousa & Lobato (2004).

Os valores de soma de bases, CTC a pH 7,0, CTC efetiva, saturação de bases e saturação por alumínio deste trabalho, corroboram com os trabalhos de Mesquita et al. (2007) e Santana & Naves (2003), trabalhando com Araticum e Pequizeiros, respectivamente, em ambientes nativos do Cerrado, com menor ação antrópica possível.

Em relação ao coeficiente de variação (Tabela 15), verifica-se que para os atributos soma de bases, CTC efetiva e saturação de bases, os ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado apresentaram heterogeneidade, e para CTC a pH 7 e saturação por alumínio, estes apresentaram homogeneidade, resultados semelhantes aos obtidos por Mesquita et al. (2007) trabalhando com Pequizeiros, em ambientes nativos de Cerrado.

2.3.2.1.3.2. Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

Observa-se que os valores de SB, T e V decrescem com a profundidade do solo (Tabela 16). Como estes fatores estão ligados com a soma dos cátions presentes no solo (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , H^+ + Al), e eles tenderam a decrescer ao longo do perfil do solo, era esperado que isso ocorresse também para estes atributos.

Os menores valores de soma de bases foram verificados na amostra de Mineiros (0,13; 0,09 e 0,06 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm, respectivamente), os maiores valores foram verificados em Jataí-P3 (1,01; 0,72 e 0,40 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas três profundidades em estudo, respectivamente) (Tabela

16), sendo os mesmos ambientes de máximo e mínimo teores dos nutrientes Ca e Mg.

Tabela 16. Valores médios, mínimos, máximos, coeficientes de variação, variâncias e desvios padrões para soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (T) a pH 7, CTC efetiva (t), saturação de bases (V), saturação por alumínio (m) no solo na profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm em diferentes ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

Variável	Profundidade ⁽³⁾	Média	Mínimo	Máximo	CV(%)	Variância	Desvio padrão
SB ⁽¹⁾	0 a 10	0,37	0,13	1,01	71,87	0,07	0,26
	10 a 20	0,23	0,09	0,72	82,02	0,04	0,19
	20 a 40	0,15	0,06	0,40	66,09	0,01	0,10
T ⁽¹⁾	0 a 10	5,84	3,28	10,03	40,65	5,64	2,38
	10 a 20	5,27	2,98	7,97	37,21	3,85	1,96
	20 a 40	4,61	2,59	6,75	29,57	1,85	1,36
t ⁽¹⁾	0 a 10	0,95	0,38	2,06	50,08	0,23	0,48
	10 a 20	0,78	0,32	1,93	57,48	0,20	0,45
	20 a 40	0,65	0,24	2,18	86,19	0,32	0,56
V ⁽²⁾	0 a 10	8,06	1,34	26,66	97,07	61,15	7,82
	10 a 20	5,42	1,08	20,05	105,32	32,58	5,71
	20 a 40	3,93	1,03	12,88	91,21	12,82	3,58
m ⁽²⁾	0 a 10	54,28	4,70	88,07	58,33	1002,5	31,66
	10 a 20	65,26	5,23	89,03	42,63	773,73	27,82
	20 a 40	67,47	11,17	93,67	38,02	658,03	25,65

⁽¹⁾ SB, T e t em $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$; ⁽²⁾ V e m em %; ⁽³⁾ profundidade em cm.

Menores valores de CTC a pH 7 foram encontrados para o ambiente de coleta Jataí-P3 (3,28; 2,98 e 2,59 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm, respectivamente), e os maiores valores foram para o ambiente de coleta Mineiros (10,03; 7,97 e 6,75 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas três profundidades em estudo, respectivamente). Mesmo o ambiente de coleta Jataí-P3 possuir maior soma de bases, ele apresentou menor T devido ao H^+ Al, o oposto ocorreu com o ambiente de coleta Mineiros, mesmo apresentando menor soma de bases este apresentou maior CTC a pH 7. Como a maior proporção da CTC a pH 7 de solos com argilas de baixa atividade é originária de sua fração orgânica (MO), observa-se que os mesmos ambientes que registraram maiores e menores valores para a Matéria Orgânica se mantiveram para a CTC a pH 7, corroborando com o que enfatiza Souza & Lobato (2004).

Para CTC efetiva (Tabela 16), os menores valores foram encontrados para o ambiente de coleta Jataí-P1 (0,38; 0,32 e 0,24 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm, respectivamente), e os maiores valores foram para o ambiente de coleta Caiapônia (2,06; 1,93 e 2,18 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ nas três profundidades em estudo, respectivamente).

Para todas as amostras de solo dos ambientes de coleta de Gabirobeiras, os valores de CTC efetiva foram considerados baixos, conforme Venegas et al. (1999). Resultados semelhantes foram encontrados por Lopes & Guilherme (2004).

Em relação à saturação de bases (Tabela 16), os maiores valores foram para o ambiente de coleta Jataí-P3 (26,66; 20,05 e 12,88% nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm, respectivamente), e os menores valores foram para o ambiente Mineiros (1,34; 1,08 e 1,03% nas três profundidades em estudo, respectivamente). Os mesmos ambientes de coleta onde obtiveram-se maiores e menores valores de Ca, Mg e CTC a pH 7.

Os resultados obtidos indicam que a saturação de bases das amostras de solos de todos os ambientes de coleta de Gabirobeiras, exceto as amostras de solos de 0 a 10 e 10 a 20 cm do ambiente de coleta Jataí-P3, foram enquadradas segundo Venegas et al. (1999) como muito baixas (menor ou igual a 20%).

A saturação por alumínio aumentou com a profundidade do solo (Tabela 16), assim como o teor de alumínio também aumentou ao longo do perfil do solo. Os menores valores para saturação por alumínio (4,70; 5,23 e 11,17% nas profundidades 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm, respectivamente) foram para o ambiente de coleta Jataí-P3. Todas as demais amostras de solo apresentaram solos com alta (20 a 60%) a muito alta (maior que 60%) saturação por alumínio. Valores próximos foram encontrados por Silva et al. (2009) estudando um Latossolo de Cerrado em plantio de espécies florestais, e por Santana & Naves (2003) avaliando vinte áreas de Cerrado com alta densidade natural de pequizeiros na região Sudoeste de Goiás.

Rodrigues (2005) trabalhando com gabirola da espécie *Campomanesia xanthocarpa* (Berg.) observou que esta estabelece bem com altos teores de alumínio e conseqüentemente também, com altos valores de saturação por alumínio no solo.

Em relação ao coeficiente de variação (CV) (Tabela 16), verifica-se que para a soma de bases, CTC efetiva e saturação de bases, os ambientes de coleta de Gabirobeiras foram mais heterogêneos, e para CTC a pH 7 e saturação por

alumínio, estes foram mais homogêneos, resultados semelhantes aos encontrados para o Cajuzinho-do-cerrado e por Santana & Naves (2003).

2.3.2.1.4. Micronutrientes Catiônicos

2.3.2.1.4.1. Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

Verifica-se que os teores dos micronutrientes apresentaram uma diminuição ao longo do perfil do solo (Tabela 17). As médias dos teores de cobre variaram de 0,16 a 0,14 mg dm⁻³ nas três profundidades em estudo, indicando, conforme Venegas et al. (1999) que os teores de cobre disponível são muito baixos ($\leq 0,3$ mg dm⁻³) em todos os ambientes de coleta da espécie Cajuzinho-do-cerrado.

Tabela 17. Valores médios, mínimo, máximo, coeficiente de variação, variância e desvio padrão para cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mg) e zinco (Zn) no solo nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm em diferentes ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

Variável	Profundidade ⁽²⁾	Média	Mínimo	Máximo	CV (%)	Variância	Desvio padrão
Cu ⁽¹⁾	0 a 10	0,16	0,10	0,30	43,70	0,00	0,07
	10 a 20	0,14	0,10	0,20	36,89	0,00	0,05
	20 a 40	0,14	0,10	0,20	37,00	0,00	0,05
Fe ⁽¹⁾	0 a 10	18,21	13,20	24,30	21,80	15,76	3,97
	10 a 20	15,19	8,90	21,20	22,92	12,12	3,48
	20 a 40	11,48	7,80	14,50	18,41	4,47	2,11
Mn ⁽¹⁾	0 a 10	2,65	0,30	9,60	116,81	9,55	3,09
	10 a 20	1,28	0,20	5,60	133,44	2,93	1,71
	20 a 40	1,15	0,10	5,00	129,06	2,20	1,48
Zn ⁽¹⁾	0 a 10	0,19	0,10	0,80	111,00	0,04	0,21
	10 a 20	0,15	0,10	0,40	72,01	0,01	0,11
	20 a 40	0,13	0,10	0,30	50,81	0,00	0,06

⁽¹⁾ Cu, Fe, Mn e Zn em mg dm⁻³; ⁽²⁾ profundidade em cm.

Os teores de Fe variaram de 7,80 a 24,30 mg dm⁻³ nas profundidades em estudo, sendo considerados muito baixos a médios (VENEGAS et al., 1999). Praticamente não têm sido observados resultados positivos de aplicação de fertilizantes contendo ferro em solos do Cerrado, porém, problemas de toxidez de

ferro e de manganês têm sido observados em áreas esparsas, associados a manchas de solo com drenagem insuficiente (LOPES, 1983).

O único ambiente de coleta que apresentou um teor maior que o nível crítico de manganês de $5,0 \text{ mg dm}^{-3}$, foi o ambiente Caiapônia-P2. Os demais ambientes de Cajuzinho-do-cerrado apresentaram teores de manganês inferiores o nível crítico, conforme indicado por Souza & Lobato (2004).

Em relação ao zinco, todas as amostras de solo não atingiram o nível crítico de $1,0 \text{ mg dm}^{-3}$, sendo todos os ambientes de coleta considerados deficientes (Tabela 17) (SOUSA & LOBATO, 2004).

Os teores médios encontrados para os micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn deste trabalho, estão abaixo dos obtidos por Mesquita et al. (2007) e Santana & Naves (2003).

O cobre e o zinco foram os micronutrientes encontrados em condições de maior deficiência. Esta deficiência generalizada nestes solos pode estar associada aos baixos teores de zinco e cobre total, em função dos materiais de origem pobres neste nutriente (LOPES, 1983).

Em relação ao coeficiente de variação (CV) dos dados de Cu, Fe, Mn e Zn, nas três profundidades em estudo (Tabela 17), verifica-se que este foi maior para o atributo manganês e menor para o ferro, mostrando que os ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado são mais divergentes em relação ao manganês e mais similares com relação ao atributo ferro.

2.3.2.1.4.2. Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

Verifica-se que os teores dos micronutrientes apresentaram uma diminuição ao longo do perfil do solo (Tabela 18). Os valores de cobre encontrados variaram de 2,30 a $0,03 \text{ mg dm}^{-3}$ nas três profundidades em estudo, indicando que o teor deste micronutriente disponível é baixo e/ou muito baixo em todos os ambientes de coleta de Gabirobeiras, conforme relata Venegas et al. (1999).

Os teores de ferro variaram de 8,90 a $20,30 \text{ mg dm}^{-3}$, sendo considerados de baixos a médios (Tabela 26) (VENEGAS et al., 1999). Este micronutriente ocorre nos solos na forma de óxidos primários como a hematita e magnetita, com o

intemperismo os óxidos e hidróxidos de ferro aumentam nos solos. Mas a deficiência pode ocorrer mesmo em solos com elevados conteúdos de Fe, pois pequena proporção permanece solúvel. A forma iônica absorvida pelas plantas é Fe^{2+} (GALRÃO, 2004).

Tabela 18. Valores médios, mínimo, máximo, coeficiente de variação, variância e desvio padrão para cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mg) e zinco (Zn) no solo nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm em diferentes ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

Variável	Profundidade ⁽²⁾	Média	Mínimo	Máximo	CV (%)	Variância	Desvio padrão
Cu ⁽¹⁾	0 a 10	0,37	0,10	2,30	198,32	0,53	0,73
	10 a 20	0,13	0,03	0,23	52,20	0,00	0,07
	20 a 40	0,15	0,04	0,30	56,66	0,01	0,09
Fe ⁽¹⁾	0 a 10	17,31	13,49	20,30	12,35	4,57	2,14
	10 a 20	14,42	11,71	18,18	16,52	5,67	2,38
	20 a 40	12,17	8,90	16,60	19,18	5,45	2,33
Mn ⁽¹⁾	0 a 10	3,02	0,42	7,78	77,58	5,47	2,34
	10 a 20	1,44	0,17	3,18	68,12	0,96	0,98
	20 a 40	0,89	0,10	2,40	77,63	0,48	0,69
Zn ⁽¹⁾	0 a 10	0,23	0,11	0,64	69,41	0,02	0,16
	10 a 20	0,12	0,10	0,21	33,72	0,00	0,04
	20 a 40	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00

⁽¹⁾ Cu, Fe, Mn e Zn em mg dm^{-3} ; ⁽²⁾ profundidade em cm.

Galvão (2004) avaliando análises de 518 amostras de solos de Cerrado (de 0 a 15 cm), observou que a média de ferro no extrator Mehlich-1 foi de $32,5 \text{ mg dm}^{-3}$ e a amplitude de variação, de $3,7$ a $74,0 \text{ mg dm}^{-3}$. A maioria delas (58%) possuía teores entre 25 e 40 mg dm^{-3} de ferro. Não há qualquer sugestão de nível crítico de ferro solúvel para esses solos (LOPES, 1975). Como a maioria é ácida, não é de se esperar que ocorra deficiência desse elemento (CORRÊA et al., 1973).

Para o manganês, os únicos ambientes de coleta que apresentaram teores maiores que o nível crítico de $5,0 \text{ mg dm}^{-3}$, foram os ambientes de coleta Serranópolis e Jataí-P3 na profundidade de 0 a 10 cm. Os demais ambientes de coleta de Gabirobeiras apresentaram teores de manganês inferiores ao nível crítico em todas as profundidades estudadas (Tabela 18) (SOUSA & LOBATO, 2004).

Todos os ambientes de coleta na profundidade de 20 a 40 cm, apresentaram o mesmo teor de Zn ($0,10 \text{ mg dm}^{-3}$), indicando nenhuma variação entre os ambientes para este teor, nesta profundidade. Verifica-se que todas as amostras de solo, não atingiram o nível crítico para o teor de zinco ($1,0 \text{ mg dm}^{-3}$), sendo todos os

ambientes de coleta de Gabirobeiras considerados deficientes (Tabela 18) (SOUSA & LOBATO, 2004).

A disponibilidade dos micronutrientes para as plantas é influenciada pelas características do solo, como à textura e mineralogia, teor de matéria orgânica, umidade, pH, condições de oxirredução e interação entre nutrientes. O pH do solo tem grande influência na disponibilidade dos micronutrientes, havendo a diminuição da solubilização e a absorção de Cu, Fe, Mn e Zn, à medida que se eleva o pH do solo (DECHEN & NATCHTIGAL, 2006).

Ajalla et al. (2014) avaliando o desenvolvimento de mudas de gabioba da espécie *Campomanesia adamantium*, perceberam que as prováveis alterações das características químicas, físicas e biológicas no substrato utilizado, promovidas pela adição de Organosuper®, não foram adequadas para a fase de produção de mudas de gabioba, provavelmente em função do desequilíbrio nutricional face à provável diminuição de disponibilidade de micronutrientes pelo aumento do pH.

Em relação ao coeficiente de variação (Tabela 18), verifica-se que na profundidade de 0 a 10 cm o CV foi maior para o cobre (CV= 198,32%), indicando grande heterogeneidade entre os ambientes de coleta de Gabirobeiras em relação a este atributo. Na profundidade de 10 a 20 cm o maior CV foi para o atributo manganês (CV maior que 60%), seguido pelo cobre (CV maior que 50%). Na profundidade de 20 a 40 cm em relação ao micronutriente zinco os ambientes de coleta são homogêneos (CV = 0%). Para o Fe em todas as profundidades estudadas, o CV foi menor que 20%, indicando também uma homogeneidade entre os ambientes de coleta de Gabirobeiras em relação a este atributo.

2.3.2.2. Análise multivariada

2.3.2.2.1. Agrupamento pelo método de Otimização de Tocher

2.3.2.2.1.1. Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

A análise de agrupamento pelo método de Otimização de Tocher baseado nos atributos químicos do solo nos 11 ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado, possibilitou a formação de 4, 3 e 2 grupos distintos, nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm, respectivamente (Tabela 19), de forma que os grupos I nas três profundidades foram constituídos por um número maior de ambientes de coleta.

Tabela 19. Formação dos grupos pelo método de Otimização de Tocher com base nos 17 atributos químicos do solo nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm para os 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

Profundidade	Grupos	Ambientes de coleta
0 a 10 cm	I	Jataí Mineiros-P1 Abadiânia-P2 Abadiânia-P1 Mineiros-P2 Barra do Garças
	II	Serranópolis Piranhas
	III	Caiapônia-P1 Caiapônia-P2
	IV	Aporé
10 a 20 cm	I	Mineiros-P1 Mineiros-P2 Abadiânia-P1 Abadiânia-P2 Jataí Barra do Garças Aporé Serranópolis
	II	Caiapônia-P1 Caiapônia-P2
	III	Piranhas
20 a 40 cm	I	Jataí Abadiânia-P2 Mineiros-P1 Mineiros-P2 Abadiânia-P1 Serranópolis Aporé Barra do Garças Piranhas Caiapônia-P2
	II	Caiapônia-P1

Observa-se que à medida que aumenta a profundidade do solo, menor número de grupos são formados, indicando que à medida que aprofunda-se no perfil do solo, os ambientes tornam-se mais similares, fato este explicado pela maior presença de matéria orgânica na superfície do solo, principal fonte de nutrientes em solos pobres do Cerrado, tendo diferença em ambientes com maior presença de vegetação, gramíneas, etc. Verifica-se que os ambientes de coleta Aporé, Piranhas e Caiapônia-P1, nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm, respectivamente, são os mais divergentes pelo método de Tocher.

Nos atributos químicos do solo, os ambientes de coleta com menor distância geográfica foram agrupados de forma comum, padrão este não observado para os atributos biológicos e granulometria do solo deste trabalho, e não verificado também por Souza et al. (2008) em um levantamento ecogeográfico de *Dimorphandra mollis* Benth. (Leguminosae-Caesalpinioideae) e por Leite (2001) em estudo com a palmeira Jerivá, no estado de Minas Gerais.

2.3.2.2.1.2. Gabirobeiras (*Campomanesia* spp)

A análise de agrupamento pelo método de Otimização de Tocher com base na matriz de dissimilaridade, baseado nos atributos químicos do solo, entre os 10 ambientes de coleta com ocorrência de Gabirobeiras, possibilitou a formação de 3, 3 e 4 grupos distintos, nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm, respectivamente (Tabela 20).

Ao contrário do comportamento verificado para os ambientes de ocorrência do Cajuzinho-do-cerrado, para a gabiroba com aumento da profundidade do solo, manteve-se o mesmo número de grupos, demonstrando comportamento semelhante entre os ambientes de coleta de Gabirobeiras ao longo do perfil do solo, isto pode ser explicado, pela maior predominância de ambientes com textura arenosa. Verifica-se que nas três profundidades o ambiente de coleta Jataí-P3 é o mais divergente em relação aos demais, com base no método de Tocher.

Tabela 20. Formação dos grupos pelo método de Otimização de Tocher com base nos 17 atributos químicos do solo nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm para os 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

Profundidade	Grupos	Ambientes de coleta
0 a 10 cm	I	Rio Verde Mineiros Abadiânia Jataí-P2 Aporé Caiapônia Jataí-P1 Perolândia
	II	Serranópolis
	III	Jataí-P3
10 a 20 cm	I	Rio Verde Mineiros Jataí-P2 Aporé Perolândia Jataí-P1 Abadiânia Caiapônia
	II	Serranópolis
	III	Jataí-P3
20 a 40 cm	I	Rio Verde Mineiros Aporé Jataí-P1 Jataí-P2 Perolândia Serranópolis Abadiânia
	II	Caiapônia
	III	Jataí-P3

Nos atributos químicos do solo, os ambientes de coleta de Gabirobeiras com menor distância geográfica não foram agrupados de forma comum, padrão este, observado também para os atributos biológicos e granulometria do solo deste trabalho.

2.3.2.2.2. Agrupamento pelo método UPGMA

2.3.2.2.2.1. Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

Os dendrogramas foram obtidos a partir da matriz de dissimilaridade, gerada pela distância euclidiana média, utilizando os 11 ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado, baseado nos atributos químicos do solo, nas três profundidades estudadas (Figuras 7, 8 e 9).

Para a profundidade de 0 a 10 cm, procedeu-se a divisão dos grupos próximo a 89% de distância, formando 3 grupos, adotando-se o critério de corte o método proposto por Mojena (1977), baseado no tamanho relativo dos níveis de fusões ou distâncias no dendrograma, tendo uma correlação cofenética de 0,85 (Figura 7).

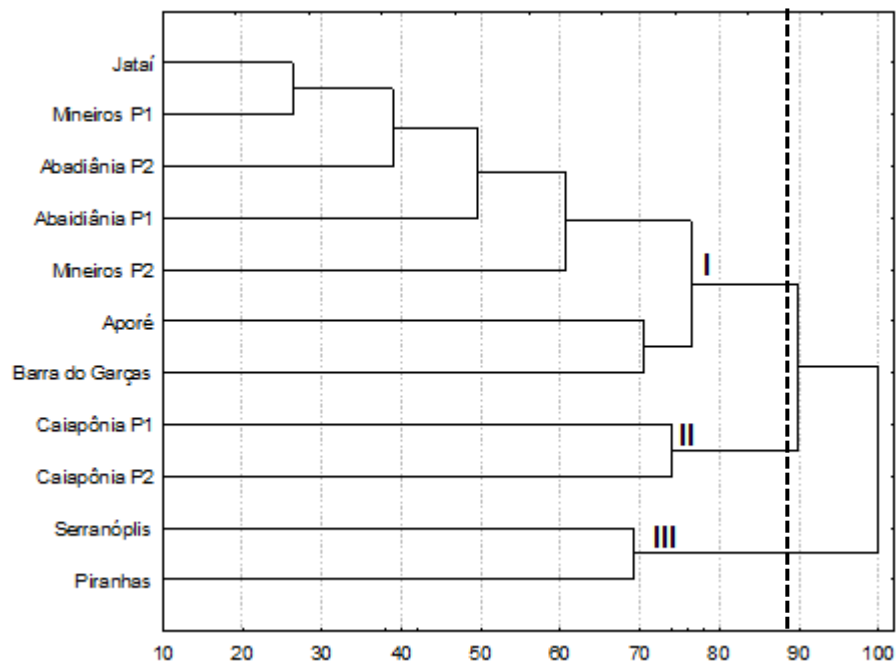


Figura 7. Dendrograma gerado pelo método UPGMA a partir das dissimilaridades expressas pela distância euclidiana média entre os 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.), a partir dos atributos químicos do solo, na profundidade de 0 a 10 cm.

O método UPGMA teve a mesma distribuição dos grupos que o método de Tocher. Como o método UPGMA apresenta uma formação mais complexa, observa-se que na profundidade de 0 a 10 cm os ambientes de coleta Jataí e Mineiros-P1 são os mais similares, agrupados, no grupo I pelo método de otimização de Tocher.

Para a profundidade de 10 a 20 cm, procedeu-se a divisão dos grupos próximo a 81% de distância, formando 5 grupos, adotando-se o critério de corte o método proposto por Mojena (1977), tendo uma correlação cofenética de 0,92 (Figura 8).

O método UPGMA teve um maior número de grupos formados, em relação ao método de otimização de Tocher. Observa-se que os ambientes de coleta Mineiros-P1 e Mineiros-P2 são os mais similares, pertencentes, também, ao mesmo grupo pelo método de otimização de Tocher. Os ambientes de coleta Caiapônia-P1, Caiapônia-P2 e Piranhas foram alocados isoladamente, sendo os ambientes de coleta mais divergentes pelos dois métodos de agrupamento utilizados no presente trabalho, na profundidade de 10 a 20 cm.

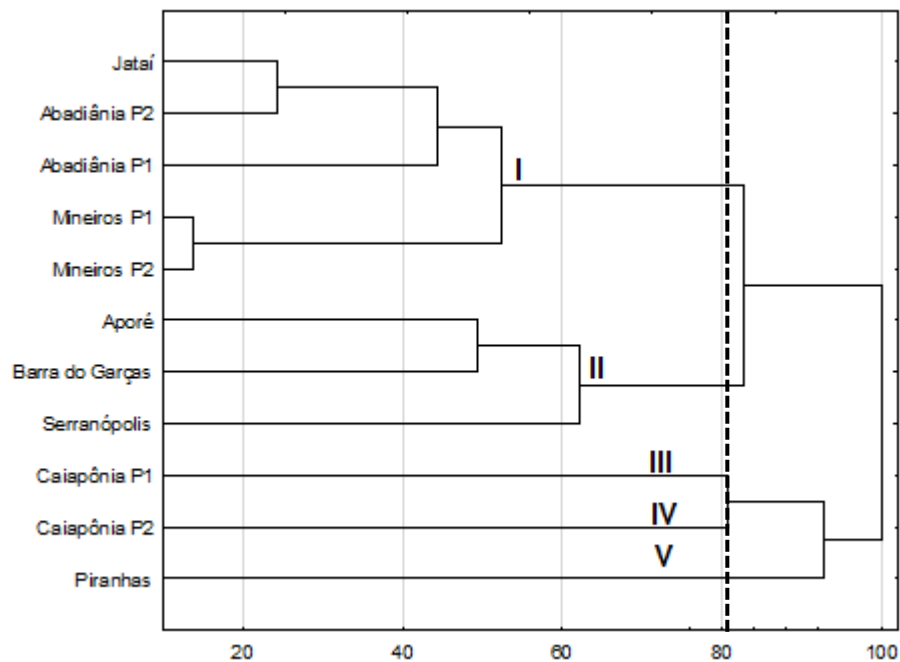


Figura 8. Dendrograma gerado pelo método UPGMA a partir das dissimilaridades expressas pela distância euclidiana média entre os 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.), a partir dos atributos químicos do solo, na profundidade de 10 a 20 cm.

Para a profundidade de 20 a 40 cm, procedeu-se a divisão dos grupos próximo a 74% de distância, formando 4 grupos, adotando-se o critério de corte o método proposto por Mojena (1977), tendo uma correlação cofenética de 0,88 (Figura 9).

Com relação aos atributos químicos na profundidade de 20 a 40 cm, os ambientes Jataí e Abadiânia-P2 são os mais similares e o ambiente Caiapônia-P1 o mais divergente, pelos dois métodos de agrupamento adotados neste trabalho.

Observa-se que para todas as profundidades avaliadas, os ambientes de coleta Caiapônia-P1 e Caiapônia-P2 apresentam comportamento de divergência em relação aos demais ambientes de Cajuzinho-do-cerrado, com base nos 17 atributos químicos analisados. Cunha et al. (2014) e Yada et al. (2012), verificaram que as técnicas de agrupamento foram eficientes para constatar as similaridades e as diferenças de ambientes, pelos atributos do solo.

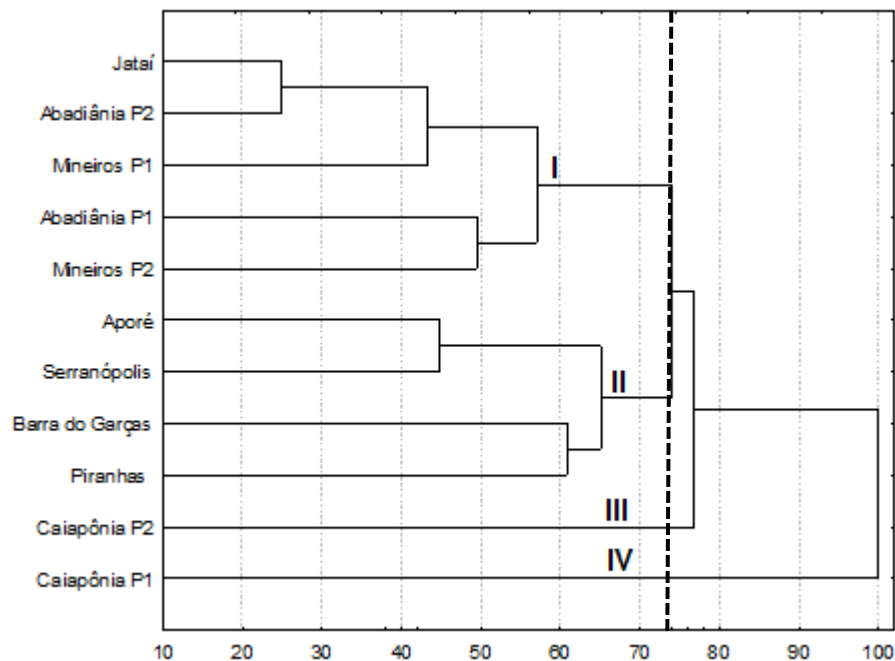


Figura 9. Dendrograma gerado pelo método UPGMA a partir das dissimilaridades expressas pela distância euclidiana média entre os 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.), a partir dos atributos químicos do solo, na profundidade de 20 a 40 cm.

Observa-se que os três dendrogramas nas três profundidades em estudo (de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 40 cm) para os ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado, os coeficientes de correlação cofenética foram maiores que 0,80, revelando um bom ajuste entre a representação gráfica das distâncias e a sua matriz original (ROHLF, 2000).

(2016), grupos formados por apenas um ambiente de coleta apontam na direção de que tais ambientes sejam mais divergentes em relação aos demais.

Para a profundidade de 10 a 20 cm, procedeu-se a divisão dos grupos próximo a 86% de distância, formando 3 grupos, adotando-se o critério de corte o método proposto por Mojena (1977), tendo uma correlação cofenética de 0,83 (Figura 11).

O método UPGMA teve a mesma distribuição dos grupos que o método de Otimização de Tocher. Como o método UPGMA apresenta uma formação mais complexa, observa-se que novamente na profundidade de 10 a 20 cm os ambientes de coleta Rio Verde e Mineiros são os mais similares e os ambientes de coleta Serranópolis e Jataí-P3 os mais divergentes.

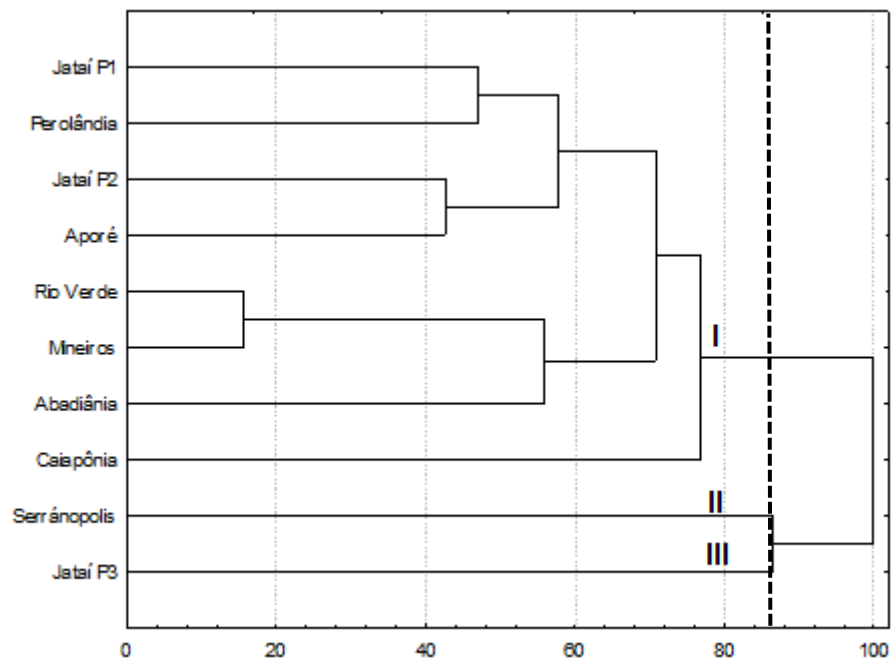


Figura 11. Dendrograma gerado pelo método UPGMA a partir das dissimilaridades expressas pela distância euclidiana média entre os 10 ambientes com ocorrência de *Gabirobeiras* (*Campomanesia* spp.), a partir dos atributos químicos do solo, na profundidade de 10 a 20 cm.

Para a profundidade de 20 a 40 cm, procedeu-se a divisão dos grupos próximo a 80% de distância, formando 4 grupos, adotando-se o critério de corte o método proposto por Mojena (1977), tendo uma correlação cofenética de 0,86 (Figura 12).

Com relação aos atributos químicos na profundidade de 20 a 40 cm, os ambientes Caiapônia, Abadiânia e Jataí-P3 são os mais divergentes pelos dois métodos de agrupamento adotados neste trabalho.

Observa-se que para os dois métodos de agrupamentos adotados em ambas as profundidades, os ambientes de coleta Rio Verde e Mineiros são os mais similares e o ambiente Jataí-P3 o mais divergente, em relação aos demais ambientes de Gabirobeiras, com base nos 17 atributos químicos analisados. Freitas et al. (2012) estudando alterações em LATOSSOLO VERMELHO distrófico, causadas pelo cultivo contínuo de cana-de-açúcar em Jaboticabal-SP, também verificaram que as técnicas de agrupamento foram eficientes para constatar as similaridades e as diferenças de ambientes, pelos atributos do solo.

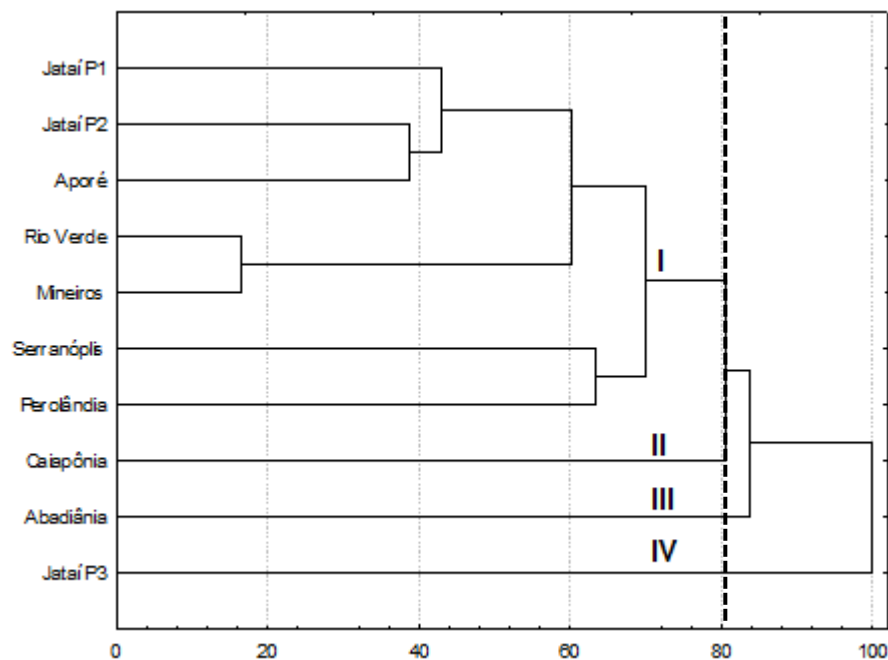


Figura 12. Dendrograma gerado pelo método UPGMA a partir das dissimilaridades expressas pela distância euclidiana média entre os 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.), a partir dos atributos químicos do solo, na profundidade de 20 a 40 cm.

Todos os dendrogramas de ambas as espécies, apresentaram um alto coeficiente de correlação cofenética (maior que 0,80), revelando um bom ajuste entre a representação gráfica das distâncias e a sua matriz original, reforçando a confiabilidade desses resultados (ROHLF, 2000).

2.3.2.2.3. Análise de Componentes Principais (ACP)

2.3.2.2.3.1. Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

2.3.2.2.3.1.1. Profundidade de 0 a 10 cm

Os resultados obtidos das componentes principais, seus respectivos autovalores e as porcentagens da variância contida nos 11 ambientes de coleta, explicada por essas componentes, em relação aos atributos químicos do solo na profundidade de 0 a 10 cm, estão apresentados na Tabela 21.

Tabela 21. Análise de componentes principais (autovalores, variância e variância acumulada), gerada a partir dos 17 atributos químicos do solo na profundidade de 0 a 10 cm, para os 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil)

Componente Principal	Autovalores	Variância (%)	Variância Acumulada (%)
1	6,282	36,96	36,96
2	4,838	28,46	65,42
3	2,336	13,74	79,16
4	1,626	9,57	88,73
5	1,038	6,10	94,83
6	0,353	2,07	96,90
7	0,329	1,93	98,83
8	0,100	0,59	99,42
9	0,654	0,38	99,80
10	0,303	0,17	99,97
11	0,000	0,01	99,98
12	0,000	0,01	99,99
13	0,000	0,00	99,99
14	0,000	0,00	99,99
15	0,000	0,00	99,99
16	0,000	0,00	99,99
17	0,001	0,01	100,00

Quanto à estimativa dos autovalores em relação aos componentes principais, nota-se que as três primeiras componentes conseguiram explicar 79,16% da variação total. Encontra-se na literatura que os primeiros componentes principais devem perfazer um total de explicação entre 70 a 80%, conforme relata Johnson &

Wichern (1992) e Cruz et al. (2012), para que seja viável a plotagem dos acessos num gráfico tridimensional.

Como as três componentes principais foram responsáveis por grande explicação da variação total dos dados, a plotagem dos escores gerados pelas três componentes num plano tridimensional é confiável para mostrar a variabilidade existente entre os ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado (Figura 13).

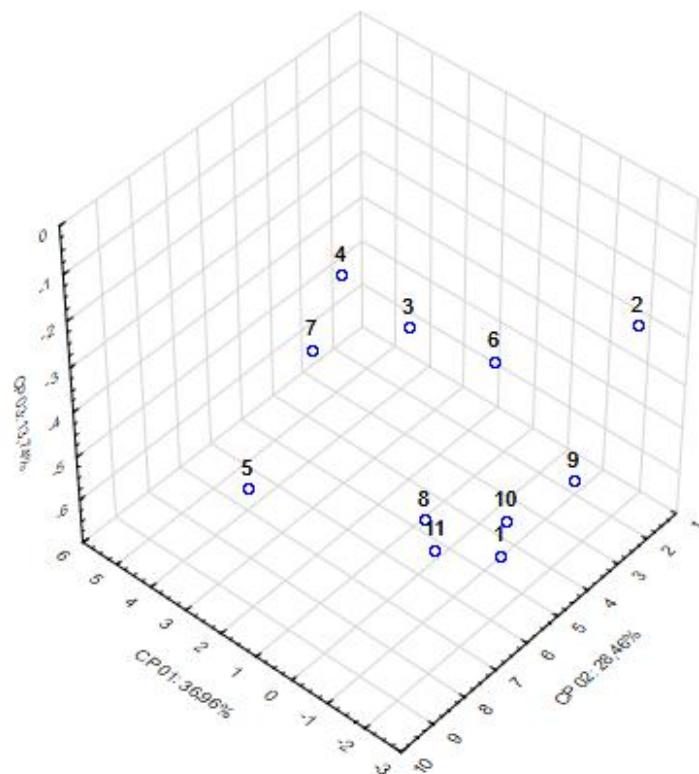


Figura 13. Dispersão gráfica de escores dos 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) em relação as três primeiras componentes principais, tendo como base os atributos químicos do solo na profundidade de 0 a 10 cm, sendo: ⁽¹⁾ Jataí; ⁽²⁾ Aporé; ⁽³⁾ Serranópolis; ⁽⁴⁾ Caiapônia-P1; ⁽⁵⁾ Caiapônia-P2; ⁽⁶⁾ Barra do Garças; ⁽⁷⁾ Piranhas; ⁽⁸⁾ Abadiânia-P1; ⁽⁹⁾ Abadiânia-P2; ⁽¹⁰⁾ Mineiros-P1; ⁽¹¹⁾ Mineiros-P2.

Em concordância com o agrupamento pelo método de Otimização de Tocher o gráfico gerado a partir dos escores das componentes principais 1, 2 e 3, demonstrou que os ambientes de coleta Jataí e Mineiros-P1, Abadiânia-P1 e Mineiros-P2 são os mais similares.

Os atributos soma de bases e CTC a pH 7 apresentaram maiores pesos para as duas primeiras componentes principais, podendo ser consideradas de alta importância para este estudo. Considera-se a CTC efetiva, pH e saturação de bases, como os atributos de menor importância para o estudo da divergência entre os ambientes de coleta na profundidade de 0 a 10 cm, pois foram os que apresentaram maior peso nas componentes que pouco explica da variabilidade entre os ambientes de coleta.

2.3.2.2.3.1.2. Profundidade de 10 a 20 cm

Pela análise de componentes principais, pode-se constatar que as três primeiras componentes principais explicam 79,05% da variabilidade contida nos 11 ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado na profundidade de 10 a 20 cm (Tabela 22).

Tabela 22. Análise de componentes principais (autovalores, variância e variância acumulada), gerada a partir dos 17 atributos químicos do solo na profundidade de 10 a 20 cm, para os 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

Componente Principal	Autovalores	Variância (%)	Variância Acumulada (%)
1	6,944	40,84	40,84
2	4,189	24,64	65,48
3	2,308	13,57	79,05
4	1,666	9,80	88,85
5	0,981	5,77	94,62
6	0,502	2,95	97,57
7	0,225	1,33	98,90
8	0,129	0,76	99,66
9	0,038	0,22	99,88
10	0,019	0,10	99,98
11	0,000	0,01	99,99
12	0,000	0,00	99,99
13	0,000	0,00	99,99
14	0,000	0,00	99,99
15	0,000	0,00	99,99
16	0,000	0,00	99,99
17	0,001	0,01	100,00

Como as três componentes principais foram responsáveis por grande explicação da variação total dos dados, a plotagem dos escores gerados pelas três componentes num plano tridimensional é confiável para mostrar a variabilidade existente entre os ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado na profundidade de 10 a 20 cm (Figura 14).

Em concordância com o agrupamento pelo método de Otimização de Tocher, o gráfico gerado pelos escores das componentes principais 1, 2 e 3 demonstrou que os ambientes de coleta Caiapônia-P1 e Caiapônia-P2 são os mais divergentes em relação aos demais.

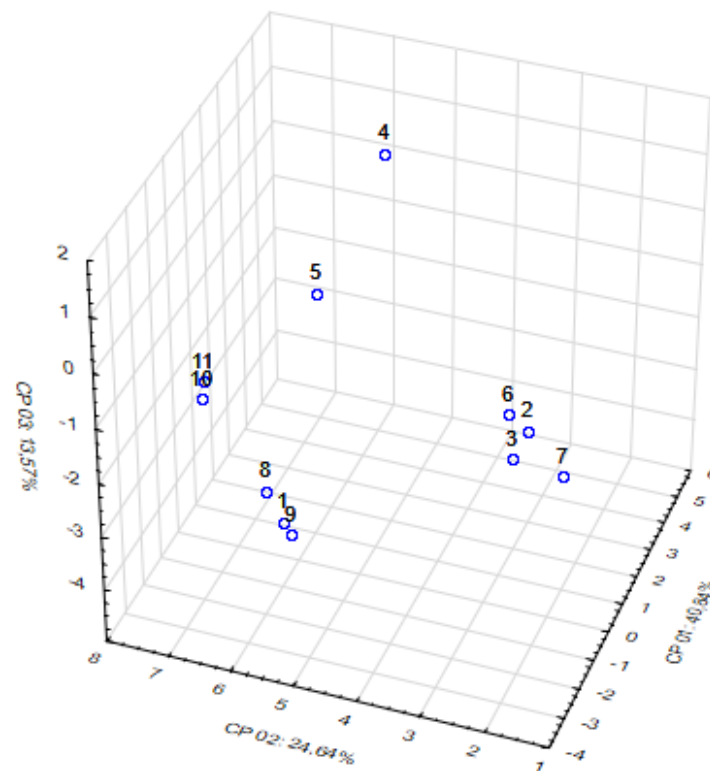


Figura 14. Dispersão gráfica de escores dos 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) em relação as três primeiras componentes principais, tendo como base os atributos químicos do solo na profundidade de 10 a 20 cm, sendo: ⁽¹⁾ Jataí; ⁽²⁾ Aporé; ⁽³⁾ Serranópolis; ⁽⁴⁾ Caiapônia-P1; ⁽⁵⁾ Caiapônia-P2; ⁽⁶⁾ Barra do Garças; ⁽⁷⁾ Piranhas; ⁽⁸⁾ Abadiânia-P1; ⁽⁹⁾ Abadiânia-P2; ⁽¹⁰⁾ Mineiros-P1; ⁽¹¹⁾ Mineiros-P2.

Os atributos soma de bases e H + Al apresentaram maior peso nas primeiras componentes principais, sendo estes de alta importância para o estudo. Os atributos

magnésio, CTC a pH 7 e efetiva, são considerados de menor importância, por apresentarem maiores pesos nos últimos autovetores, para a profundidade de 10 a 20 cm.

2.3.2.2.3.1.3. Profundidade de 20 a 40 cm

Pela análise de componentes principais pode-se constatar que as três primeiras componentes principais explicam 72,99% da variabilidade contida nos 11 ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado na profundidade de 20 a 40 cm (Tabela 23).

Tabela 23. Análise de componentes principais (autovalores, variância e variância acumulada), gerada a partir dos 17 atributos químicos do solo na profundidade de 20 a 40 cm, para os 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

Componente Principal	Autovalores	Variância (%)	Variância Acumulada (%)
1	6,739	39,64	39,64
2	3,716	21,86	61,50
3	1,955	11,49	72,99
4	1,783	10,48	83,47
5	1,442	8,48	91,95
6	0,728	4,28	96,23
7	0,326	1,91	98,14
8	0,299	1,35	99,49
9	0,065	0,38	99,87
10	0,015	0,10	99,97
11	0,001	0,01	99,98
12	0,001	0,01	99,99
13	0,000	0,00	99,99
14	0,000	0,00	99,99
15	0,000	0,00	99,99
16	0,000	0,00	99,99
17	0,001	0,01	100,00

Como as três componentes principais foram responsáveis por grande explicação da variação total dos dados, a plotagem dos escores gerados pelas três componentes num plano tridimensional é confiável para mostrar a variabilidade existente entre os ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado na profundidade de 20 a 40 cm (Figura 15).

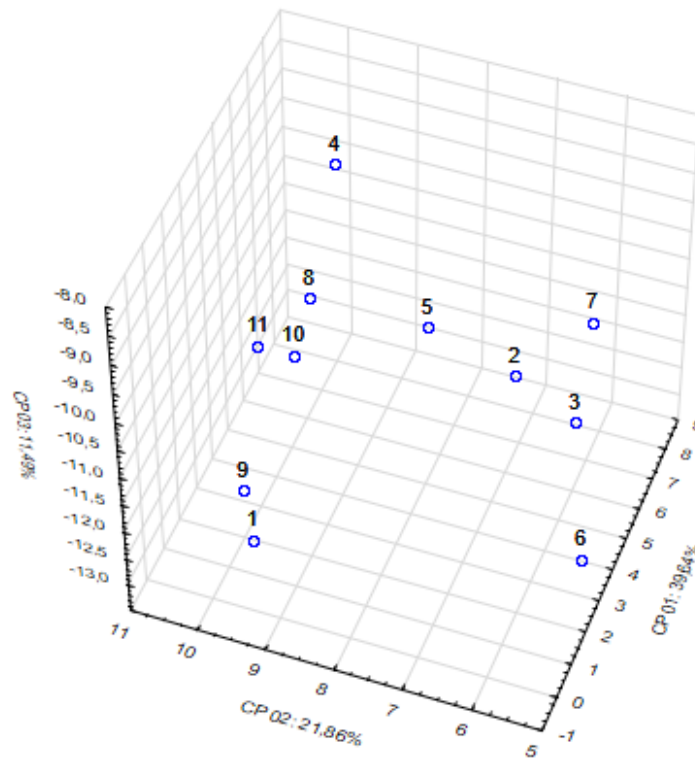


Figura 15. Dispersão gráfica de escores dos 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) em relação as três primeiras componentes principais, tendo como base os atributos químicos do solo na profundidade de 20 a 40 cm, sendo: ⁽¹⁾ Jataí; ⁽²⁾ Aporé; ⁽³⁾ Serranópolis; ⁽⁴⁾ Caiapônia-P1; ⁽⁵⁾ Caiapônia-P2; ⁽⁶⁾ Barra do Garças; ⁽⁷⁾ Piranhas; ⁽⁸⁾ Abadiânia-P1; ⁽⁹⁾ Abadiânia-P2; ⁽¹⁰⁾ Mineiros-P1; ⁽¹¹⁾ Mineiros-P2.

Em concordância com o agrupamento pelo método de Otimização de Tocher, o gráfico gerado pelos escores das componentes principais 1, 2 e 3, demonstrou que os ambientes de coleta Jataí e Abadiânia-P2, e Mineiros-P1, Mineiros-P2 e Abadiânia-P1 são os mais similares e o ambiente Caiapônia-P1 é o mais distante no gráfico, ou seja, o mais divergente.

Os atributos soma de bases e fósforo apresentaram maior peso nas primeiras componentes principais, sendo estes de alta importância. Os atributos saturação por bases, CTC a pH 7 e efetiva são de menor importância para o estudo da variabilidade entre os ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado na profundidade de 20 a 40 cm.

Melloni et al. (2003) verificaram que a análise de componentes principais mostrou além da separação espacial das áreas estudadas, que houve diferenças na

distribuição dos atributos analisados. Dessa forma, a identificação de atributos físicos, químicos e biológicos apresenta potencial para a distinção de ambientes.

2.3.2.2.3.2. Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

2.3.2.2.3.2.1. Profundidade de 0 a 10 cm

Os resultados obtidos das componentes principais, seus respectivos autovalores e as porcentagens da variância contida nos 10 ambientes de coleta de Gabirobeiras, explicada por essas componentes, em relação aos atributos químicos do solo na profundidade de 0 a 10 cm estão apresentados na Tabela 24.

Tabela 24. Análise de componentes principais (autovalores, variância e variância acumulada), gerada a partir dos 17 atributos químicos do solo na profundidade de 0 a 10 cm, para os 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

Componente Principal	Autovalores	Variância (%)	Variância Acumulada (%)
1	9,245	54,38	54,38
2	2,396	14,10	68,48
3	1,971	11,59	80,07
4	1,330	7,83	87,90
5	1,146	6,74	94,64
6	0,506	2,97	97,61
7	0,298	1,76	99,37
8	0,091	0,53	99,90
9	0,015	0,08	99,98
10	0,001	0,01	99,99
11	0,000	0,00	99,99
12	0,000	0,00	99,99
13	0,000	0,00	99,99
14	0,000	0,00	99,99
15	0,000	0,00	99,99
16	0,000	0,00	99,99
17	0,001	0,01	100,00

Quanto à estimativa dos autovalores em relação às componentes principais, nota-se que as três primeiras componentes conseguiram explicar 80,07% da variação total.

Como as três componentes principais foram responsáveis por grande explicação da variação total dos dados, a plotagem dos escores gerados pelas três componentes num plano tridimensional é confiável para mostrar a variabilidade existente entre os ambientes de coleta de Gabirobeiras na profundidade de 0 a 10 cm (Figura 16).

Na profundidade de 0 a 10 cm, o gráfico gerado pelos escores das componentes principais 1, 2 e 3, mostrou-se que os ambientes Rio Verde, Mineiros e Abadiânia estão próximos, ou seja, são similares, e o ambiente Jataí-P3 é o mais distante, sendo mais divergente em relação aos demais, tendo concordância aos métodos de agrupamento adotados neste trabalho.

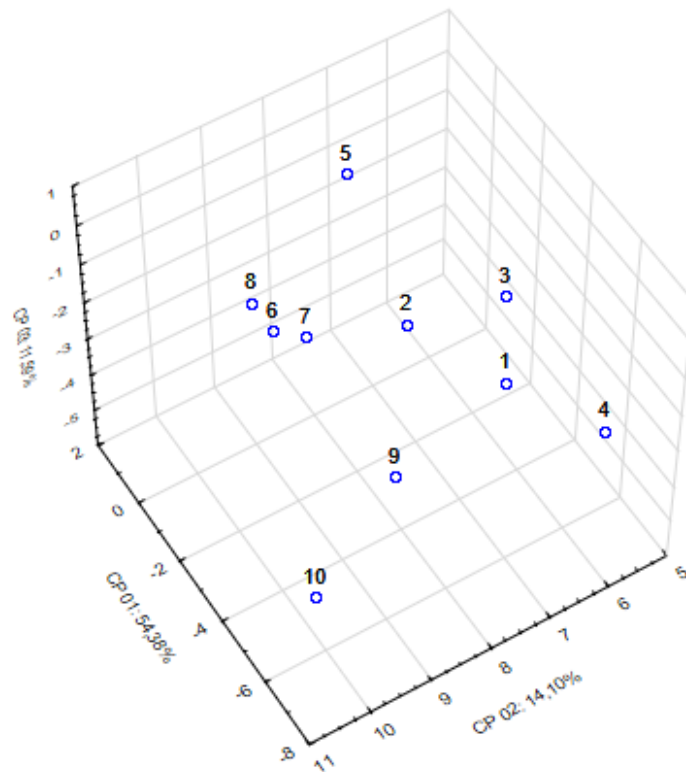


Figura 16. Dispersão gráfica de escores dos 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.) em relação às três primeiras componentes principais, tendo como base os atributos químicos do solo na profundidade de 0 a 10 cm, sendo: ⁽¹⁾ Jataí-P1; ⁽²⁾ Jataí-P2; ⁽³⁾ Aporé; ⁽⁴⁾ Serranópolis; ⁽⁵⁾ Caiapônia; ⁽⁶⁾ Rio Verde; ⁽⁷⁾ Abadiânia; ⁽⁸⁾ Mineiros; ⁽⁹⁾ Perolândia; ⁽¹⁰⁾ Jataí-P3.

Os autovalores são valores que representam a contribuição relativa de cada componente para explicar a variação total dos dados, existindo um para cada

componente (SILVA et al., 2010). Assim, os atributos de maiores pesos nos primeiros autovetores foram saturação por alumínio e magnésio, sendo considerados de maior importância e os atributos zinco e saturação de bases tiveram maiores pesos nos últimos autovetores, sendo considerados de menor importância para o estudo da divergência dos 10 ambientes de Gabirobeiras na profundidade de 0 a 10 cm.

2.3.2.2.3.2.2. Profundidade de 10 a 20 cm

Pela análise de componentes principais pode-se constatar que as três primeiras componentes principais explicam 80,74% da variabilidade contida nos 10 ambientes de coleta de Gabirobeiras na profundidade de 10 a 20 cm (Tabela 25).

Tabela 25. Análise de componentes principais (autovalores, variância e variância acumulada), gerada a partir dos 17 atributos químicos do solo na profundidade de 10 a 20 cm, para os 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

Componente Principal	Autovalores	Variância (%)	Variância Acumulada (%)
1	7,816	45,98	45,98
2	3,535	20,80	66,78
3	2,374	13,96	80,74
4	1,521	8,94	89,68
5	0,913	5,37	95,05
6	0,385	2,26	97,31
7	0,265	1,56	98,87
8	0,183	1,08	99,95
9	0,005	0,03	99,98
10	0,001	0,01	99,99
11	0,000	0,00	99,99
12	0,000	0,00	99,99
13	0,000	0,00	99,99
14	0,000	0,00	99,99
15	0,000	0,00	99,99
16	0,000	0,00	99,99
17	0,001	0,01	100,00

Como as três componentes principais foram responsáveis por grande explicação da variação total dos dados, a plotagem dos escores gerados pelas três componentes num plano tridimensional é confiável para mostrar a variabilidade

existente entre os ambientes de coleta de Gabirobeiras na profundidade de 10 a 20 cm (Figura 17).

Na profundidade de 10 a 20 cm, o gráfico gerado pelos escores das componentes principais 1, 2 e 3, demonstrou que os ambientes de coleta Serranópolis e Jataí-P3 são os mais divergentes, e os ambientes Rio Verde e Mineiros são os mais similares, estando bastante próximos na área do gráfico.

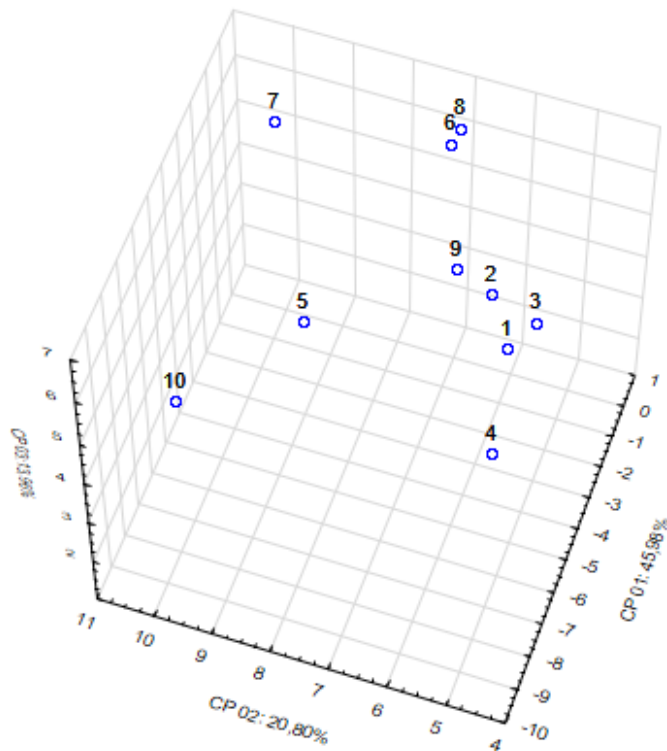


Figura 17. Dispersão gráfica de escores dos 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.) em relação as três primeiras componentes principais, tendo como base os atributos químicos do solo na profundidade 10 a 20 cm, sendo: ⁽¹⁾ Jataí-P1; ⁽²⁾ Jataí-P2; ⁽³⁾ Aporé; ⁽⁴⁾ Serranópolis; ⁽⁵⁾ Caiapônia; ⁽⁶⁾ Rio Verde; ⁽⁷⁾ Abadiânia; ⁽⁸⁾ Mineiros; ⁽⁹⁾ Perolândia; ⁽¹⁰⁾ Jataí-P3.

Os atributos de maiores pesos nos primeiros autovetores associados às primeiras componentes principais foram saturação por alumínio e potássio, sendo considerados de maior importância e os atributos alumínio e saturação de bases tiveram maiores pesos nos últimos autovetores, sendo considerados de menor importância para o estudo da divergência dos 10 ambientes de Gabirobeiras na profundidade de 10 a 20 cm.

2.3.2.2.3.2.3. Profundidade de 20 a 40 cm

Pela análise de componentes principais, pode-se constatar que as três primeiras componentes principais explicam 77,21% da variabilidade contida nos 10 ambientes de coleta de Gabirobeiras na profundidade de 20 a 40 cm (Tabela 26).

Tabela 26. Análise de componentes principais (autovalores, variância e variância acumulada), gerada a partir dos 17 atributos químicos do solo na profundidade de 20 a 40 cm, para os 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

Componente Principal	Autovalores	Variância (%)	Variância Acumulada (%)
1	6,588	38,75	38,75
2	3,386	19,92	58,67
3	3,153	18,54	77,21
4	1,548	9,10	86,31
5	1,100	6,47	92,78
6	0,572	3,36	96,14
7	0,513	3,01	99,15
8	0,124	0,73	99,88
9	0,016	0,09	99,97
10	0,001	0,01	99,98
11	0,001	0,01	99,99
12	0,000	0,00	99,99
13	0,000	0,00	99,99
14	0,000	0,00	99,99
15	0,000	0,00	99,99
16	0,000	0,00	99,99
17	0,001	0,01	100,00

Como as três componentes principais foram responsáveis por grande explicação da variação total dos dados, a plotagem dos escores gerados pelas três componentes num plano tridimensional é confiável para mostrar a variabilidade existente entre os ambientes de coleta de Gabirobeiras na profundidade de 20 a 40 cm (Figura 18).

Na profundidade de 20 a 40 cm, o gráfico gerado pelos escores das componentes principais 1, 2 e 3 demonstrou que o ambiente de coleta Caiapônia é o mais divergente, sendo o mais distante dos demais na área do gráfico.

Os atributos de maiores pesos nos primeiros autovetores foram saturação por alumínio e ferro, sendo considerados de maior importância para este estudo. Já os atributos saturação por bases e cálcio, tiveram maiores pesos nos últimos

autovetores, tendo uma menor importância para a divergência dos ambientes de coleta de Gabirobeiras na profundidade de 20 a 40 cm.

Gama-Rodrigues et al. (2008) ao usar a técnica de componentes principais e agrupamento de Tocher obtiveram distinção entre ambientes de *Acacia auriculiformis* (acácia), *Mimosa caesalpinifolia* (sabiá) e *Corymbia citriodora* (eucalipto), utilizando os atributos químicos e microbianos do solo. Corrêa et al. (2009) verificaram que a análise de agrupamento e de componentes principais em função dos atributos químicos do solo distinguiu o ambiente de vegetação nativa dos demais usos do solo em perímetro irrigado.

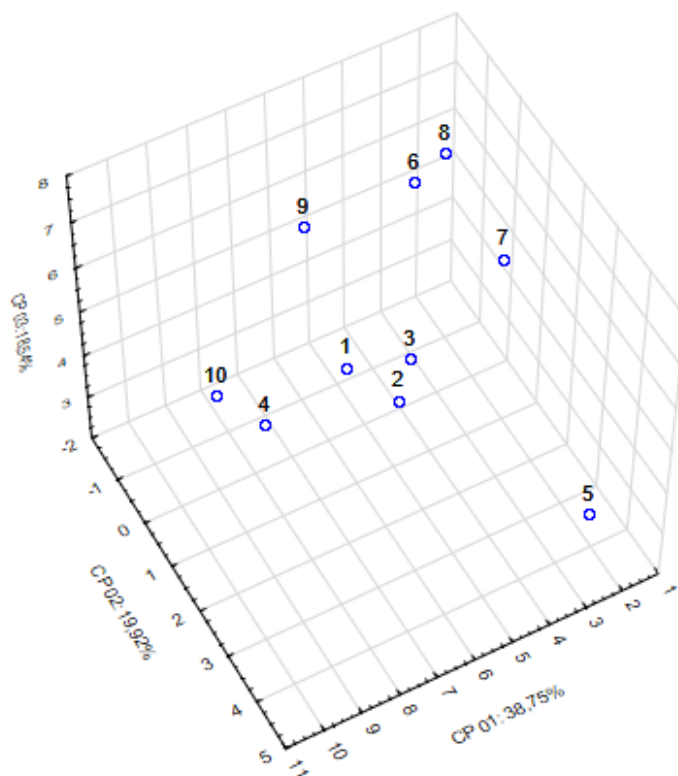


Figura 18. Dispersão gráfica de escores dos 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.) em relação às três primeiras componentes principais, tendo como base os atributos químicos do solo na profundidade de 20 a 40 cm, sendo: (1) Jataí-P1; (2) Jataí-P2; (3) Aporé; (4) Serranópolis; (5) Caiapônia; (6) Rio Verde; (7) Abadiânia; (8) Mineiros; (9) Perolândia; (10) Jataí-P3.

2.3.2.2.4. Contribuição Relativa dos atributos químicos do solo

2.3.2.2.4.1. Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

Com base na contribuição relativa dos 17 atributos químicos nas três profundidades (Tabela 27), utilizando-se o critério proposto por Singh (1981), verificou-se que para os ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado estudados, grande parte dos atributos contribuíram de maneira semelhante para a discriminação da variância. Os atributos fósforo (P) na profundidade de 0 a 10 cm e alumínio (Al) nas profundidades de 10 a 20 e 20 a 40 cm, foram os que contribuíram em menores proporções.

Tabela 27. Contribuição relativa (S.j) dos 17 atributos químicos do solo nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm, para a dissimilaridade dos 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

Variável	S.j ⁽¹⁾	S.j ⁽¹⁾	S.j ⁽¹⁾
	0 a 10 cm	10 a 20 cm	20 a 40 cm
pH	7,09	5,56	5,30
H+Al	7,57	8,27	4,57
Al	4,69	4,23	4,26
Ca	5,18	5,14	6,40
Mg	6,67	6,26	4,33
K	4,82	5,73	6,31
P	4,47	5,62	5,79
MO	6,20	7,82	8,57
SB	5,19	6,76	5,65
T	6,86	8,01	4,37
t	4,63	4,40	4,27
V	5,47	4,78	5,27
m	6,97	8,05	6,11
Cu	4,47	5,63	13,51
Fe	7,65	4,31	5,28
Mn	6,60	5,21	4,46
Zn	5,47	4,22	5,55

⁽¹⁾ S.j em %

Segundo Cruz et al. (2012) a importância relativa dos caracteres auxilia no descarte de variáveis, possibilitando uma melhor escolha dos atributos a serem considerados numa avaliação de divergência entre ambientes. Nota-se que neste

estudo a contribuição relativa dos atributos foi semelhante, indicando não ser possível o descarte de variáveis neste caso.

Essa metodologia pode evidenciar os atributos que mais contribuíram para o estudo da diversidade nos ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado, sendo eles, Ferro (Fe) e H + Al na profundidade de 0 a 10 cm, H + Al e saturação por alumínio (m) na profundidade de 10 a 20 cm e cobre (Cu) e cálcio (Ca) na profundidade de 20 a 40 cm.

2.3.2.2.4.2. Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

Com base na contribuição relativa dos 17 atributos químicos nas três profundidades (Tabela 28), utilizando-se o critério proposto por Singh (1981), verificou-se que para os ambientes de coleta de Gabirobeiras estudados, grande parte dos atributos contribuíram de maneira semelhante para a discriminação da variância. Os atributos CTC efetiva (t) e alumínio (Al) na profundidade de 0 a 10 e 10 a 20 cm e zinco (Zn) e alumínio (Al) na profundidade de 20 a 40 cm, foram os que contribuíram em menores proporções.

Essa metodologia pode evidenciar os atributos que mais contribuíram para o estudo da diversidade nos ambientes de coleta de Gabirobeiras, sendo eles, potássio (K) e m (saturação por alumínio) na profundidade de 0 a 10 cm, H + Al e CTC a pH 7 (T) na profundidade de 10 a 20 cm e cobre (Cu) e pH na profundidade de 20 a 40 cm.

Tabela 28. Contribuição relativa (S.j) dos 17 atributos químicos do solo nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm, para a dissimilaridade dos 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

Variável	S.j	S.j	S.j
	0 a 10 cm	10 a 20 cm	20 a 40 cm
pH	6,16	6,43	8,08
H+Al	6,85	8,44	6,74
Al	4,59	4,48	4,85
Ca	5,24	4,78	4,95
Mg	5,43	4,58	4,86
K	8,78	5,57	5,98
P	5,15	5,26	5,36
MO	7,73	6,98	6,50
SB	4,88	4,92	5,22
T	6,80	8,41	6,24
t	4,39	4,26	4,90
V	5,24	4,93	5,32
m	7,92	6,00	5,63
Cu	5,02	6,66	10,52
Fe	5,41	7,38	5,35
Mn	5,55	5,75	5,08
Zn	4,86	5,17	4,42

⁽¹⁾ S.j em %

2.3.3. Granulometria do solo

2.3.3.1. Análise descritiva

2.3.3.1.1. Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

Na Tabela 29, estão apresentados os resultados referentes à análise descritiva para areia grossa, areia fina, silte e argila, na profundidade de 0 a 20 cm, para os 11 ambientes avaliados com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado.

Para a fração areia grossa o valor mínimo encontrado (2,60%) foi para o ambiente de coleta Jataí e o valor máximo (56,43%) para o ambiente de coleta Serranópolis. Para a fração areia fina o valor mínimo encontrado (3,07%) foi para a coleta de Abadiânia-P2 e o valor máximo (46,14%) para a coleta de Aporé. Na

fração silte o valor mínimo encontrado (4,04%) foi para a coleta Serranópolis e o valor máximo (31,29%) para Caiapônia-P2. Para a fração argila o valor mínimo encontrado (3,20%) foi para a coleta Serranópolis e o valor máximo (78,79%) para Mineiros-P2. Estes valores estão próximos aos encontrados por Eberhard et al. (2008), que avaliando Latossolos sob pastagens no Cerrado deparam-se com teores de argila, silte, areia fina e areia grossa, variando de 18 a 72, 0 a 15, 5 a 61 e 3 a 44%, respectivamente.

Tabela 29. Valores médios, mínimo, máximo, coeficiente de variação, variância e desvio padrão para granulometria do solo na profundidade 0 a 20 cm nos 11 ambientes de estudo com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

Variável	Média	Mínimo	Máximo	CV	Variância	Desvio padrão
				%		
Areia grossa ⁽¹⁾	20,32	2,60	56,43	84,43	294,44	17,16
Areia fina ⁽²⁾	23,28	3,07	46,14	68,06	250,98	15,84
Silte ⁽³⁾	17,40	4,04	31,29	49,53	74,28	8,62
Argila ⁽⁴⁾	39,00	3,20	78,79	73,00	810,45	28,47

⁽¹⁾ Areia grossa - 0,2 a 2,0 mm; ⁽²⁾ Areia fina - 0,02 a 0,2 mm; ⁽³⁾ Silte - 0,002 a 0,02 e ⁽⁴⁾ Argila - <0,002.

De acordo com os valores determinados, classificam-se os solos dos ambientes em estudo da camada de 0 a 20 cm, com base no triângulo de classes texturais elaborado pela Embrapa (1988), em: textura arenosa (Aporé e Serranópolis), textura média (Caiapônia-P1, Barra do Garças e Piranhas), textura argilosa (Caiapônia-P2 e Abadiânia-P1) e textura muito argilosa (Jataí, Abadiânia-P2, Mineiros-P1 e Mineiros-P2).

A granulometria do solo, afeta diretamente a capacidade de infiltração e absorção de água. Nesta perspectiva, os solos considerados de textura arenosa geralmente são porosos, possibilitando uma rápida infiltração da água das chuvas. No entanto, como apresentam reduzidos teores de partículas mais finas, que são mais ativas e proporcionam maior agregação e adsorção de nutrientes, possuem maior perda de nutrientes importante para as plantas (BITAR, 1995).

Em relação ao coeficiente de variação dos dados de areia grossa, areia fina, silte e argila, na profundidade 0 a 20 cm (Tabela 29), verifica-se que este foi maior para areia grossa (84,43%), argila (73,00%) e areia fina (68,06%), indicando grande variação entre os ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado em relação a estas frações. Para a fração silte houve uma menor variação (49,53%) entre os ambientes

de coleta de Cajuzinho-do-cerrado, indicando maior uniformidade da fração silte entre os diferentes ambientes.

2.3.3.1.2. Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

Na Tabela 30, estão apresentados os resultados referentes à análise descritiva para areia grossa, areia fina, silte e argila, na profundidade de 0 a 20 cm nos ambientes de coleta de Gabirobeiras.

Tabela 30. Valores médios, mínimo, máximo, coeficiente de variação, variância e desvio padrão para granulometria do solo na profundidade 0 a 20 cm nos 10 ambientes de estudo com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

Variável	Média	Mínimo	Máximo	CV	Variância	Desvio padrão
				%		
Areia grossa ⁽¹⁾	32,90	6,20	59,36	55,87	337,92	18,38
Areia fina ⁽²⁾	30,34	5,68	55,03	50,65	236,13	15,37
Silte ⁽³⁾	9,99	1,80	20,95	56,42	31,74	5,63
Argila ⁽⁴⁾	26,77	3,73	74,90	102,50	753,17	27,44

⁽¹⁾ Areia grossa - 0,2 a 2,0 mm; ⁽²⁾ Areia fina - 0,02 a 0,2 mm; ⁽³⁾ Silte - 0,002 a 0,02 e ⁽⁴⁾ Argila - <0,002.

Para a fração areia grossa o valor mínimo encontrado (6,20%) foi para a coleta de Mineiros e o valor máximo (59,36%) para Serranópolis. Para a fração areia fina o valor mínimo encontrado (5,68%) foi para Rio Verde e o valor máximo (55,03%) Aporé. Para a fração silte o valor mínimo encontrado (1,80%) foi para Serranópolis e o valor máximo (20,95%) para Caiapônia. Para a fração argila o valor mínimo encontrado (3,73%) foi para Serranópolis e o valor máximo (74,90%) para Mineiros.

De acordo com os valores verificados, classificam-se os solos dos ambientes de coleta, com base no triângulo de classes texturais elaborado pela Embrapa (1988), em: textura arenosa (Jataí-P1, Aporé, Serranópolis e Jataí-P3), textura média (Jataí-P2, Caiapônia e Perolândia), textura argilosa (Abadiânia) e textura muito argilosa (Rio Verde e Mineiros).

Ajalla et al. (2014) avaliando o crescimento de mudas de gabioba (*Campomanesia adamantium*), observaram que a maior massa de raízes secas de

raízes e bom desenvolvimento aéreo foi no substrato composto de 100% por solo oriundo de Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa. Segundo os autores, provavelmente a ocorrência de maior quantidade de microporos nos solos com textura mais argilosa, aumente a umidade do solo, fazendo com que a muda emita mais raízes, induzindo a maior massa de raízes. Resultado semelhante foi verificado por Ajalla et al. (2012), que obtiveram maior massa de raízes secas em mudas de baru (*Dipteryx alata*) desenvolvidas em solos de textura argilosa, em comparação aos solos de textura arenosa.

Em pastagens cultivadas, tem sido verificada também menor produção de raízes em solos de textura arenosa, em relação a solos de classes mais argilosas (VOLPE et al., 2008). Considerando a importância de raízes bem desenvolvidas para a implantação das mudas em campo, aliado com o desenvolvimento aéreo das plantas, solo com textura argilosa é mais indicado para gabioba (*Campomanesia adamantium*) (AJALLA et al., 2014).

Em relação ao coeficiente de variação dos dados de areia grossa, areia fina, silte e argila, na profundidade 0 a 20 cm (Tabela 30), verifica-se que este foi maior para argila (102,50%), indicando grande variação entre os ambientes de coleta de Gabirobeiras em relação a esta fração. Para a areia grossa (55,87%), areia fina (50,65%) e silte (56,42%) houve uma menor variação entre os ambientes de coleta comparada com a argila.

2.3.3.2. Análise multivariada

2.3.3.2.1. Agrupamento pelo método de Otimização de Tocher

2.3.3.2.1.1. Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

A análise de agrupamento com a utilização do método de Otimização de Tocher, fundamentado na matriz de dissimilaridade e baseado na granulometria do solo, possibilitou a distribuição dos 11 ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado estudados em 5 grupos distintos (Tabela 31), de forma que o grupo I teve o maior

número de ambientes (4), o segundo e o terceiro grupo com 3 e 2, respectivamente, e os demais grupos com apenas um ambiente de coleta.

Tabela 31. Formação dos grupos pelo método de Otimização de Tocher com base na granulometria do solo para os 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

Grupo	Ambientes de coleta
I	Abadiânia-P2 Mineiros-P1 Mineiros-P2 Jataí
II	Caiapônia-P1 Barra do Garças Piranhas
III	Aporé Serranópolis
IV	Abadiânia-P1
V	Caiapônia-P1

Observa-se que os grupos formados pelo método de Otimização de Tocher, seguiram o mesmo padrão observado na análise descritiva, a qual classificou-se os solos dos ambientes de coleta segundo sua textura, com base no triângulo de classes texturais elaborado pela Embrapa (1988). O grupo I é formado pelos ambientes com textura muito argilosa, o grupo II pelos ambientes com textura média, o grupo III pelo os ambientes que possuem textura arenosa e os grupos IV e V com ambientes isolados, mas que possuem textura argilosa, sendo estes, os ambientes de coleta Abadiânia-P1 e Caiapônia-P1 caracterizando-os como os mais divergentes em relação aos demais.

O mesmo padrão observado para os atributos biológicos do solo observou-se na granulometria, onde os ambientes com menor distância geográfica não estão agrupados de forma comum. Souza et al. (2008) trabalhando com diferentes ambientes de coleta de fava d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.), obtiveram a formação de cinco grupos pelo método de Tocher, corroborando com o trabalho. Também verificaram que os grupos formados não apresentaram relação com proximidade geográfica.

2.3.3.2.1.2. Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

A análise de agrupamento pelo método de Otimização de Tocher, com base na matriz de dissimilaridade entre os 10 ambientes de coleta de Gabirobeiras

estudados, em relação à granulometria do solo, possibilitou a formação de 3 grupos distintos (Tabela 32).

Tabela 32. Formação dos grupos pelo método de Otimização de Tocher com base na granulometria do solo para os 10 ambientes com ocorrência de *Gabirobeiras (Campomanesia spp.)*

Grupo	Ambientes de coleta
I	Rio Verde Mineiros Abadiânia
II	Jataí-P2 Jataí-P3 Jataí-P1 Perolândia Serranópolis Aporé
III	Caiapônia

O segundo grupo formado por 60% dos ambientes de coleta analisados, é composto pelos ambientes que apresentaram na análise descritiva textura arenosa e média. Observa-se que este é composto pelos ambientes de coleta localizados no município de Jataí, mostrando que neste caso, os grupos apresentaram relação com a proximidade geográfica.

Como o método de Tocher forma um grupo inicial com os ambientes de coleta mais similares identificados na matriz de dissimilaridade, a partir desta, é avaliada a possibilidade de inclusão de novos ambientes, adotando-se o critério de que a distância média intragrupo deve ser menor que a distância média intergrupo (CRUZ et al., 2012). Nota-se que os ambientes de coleta Rio Verde, Mineiros e Abadiânia são os mais similares segundo este método, e o ambiente de coleta Caiapônia é caracterizado como o mais divergente.

2.3.3.2.2. Agrupamento pelo método UPGMA

2.3.3.2.2.1. Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

O dendrograma foi obtido a partir da matriz de dissimilaridade, gerada pela distância euclidiana média dos 11 ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado, baseado na granulometria do solo (Figura 19). Procedeu-se a divisão dos grupos próximo a 46% de distância, formando 5 grupos, adotando-se o critério de corte, o método proposto por Mojena (1977), baseado no tamanho relativo dos níveis de fusões ou distâncias no dendrograma, tendo uma correlação cofenética de 0,83.

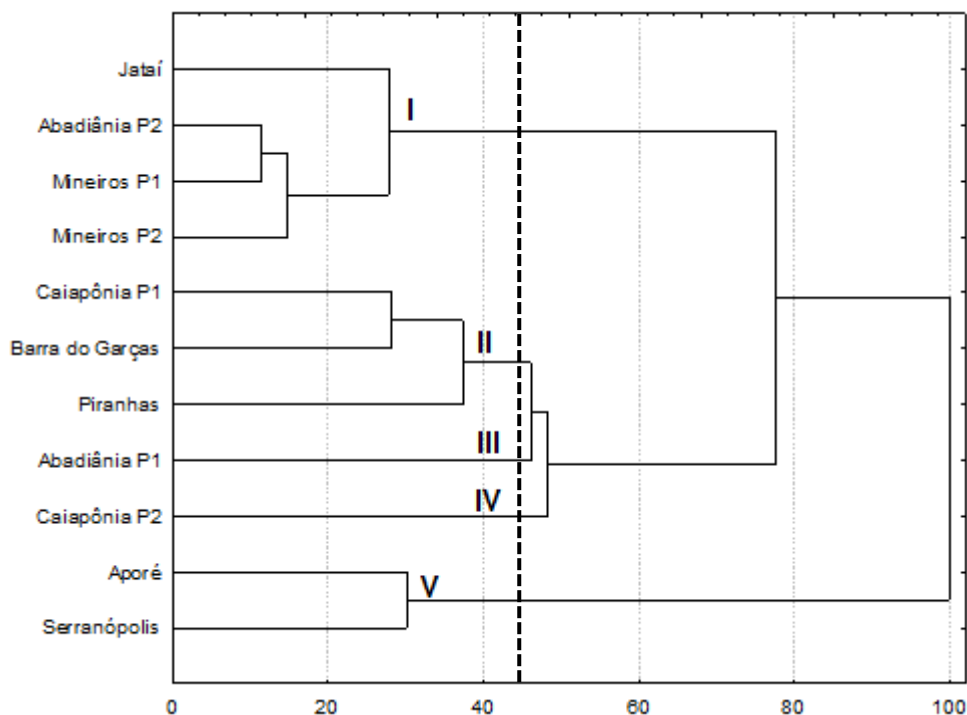


Figura 19. Dendrograma gerado pelo método UPGMA a partir das dissimilaridades expressas pela distância euclidiana média entre os 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.), a partir da granulometria do solo.

Similar ao método de Otimização de Tocher, o dendrograma gerado pelo método UPGMA, teve os mesmos grupos formados com os mesmos ambientes de coleta, demonstrando novamente a distribuição dos ambientes, em relação à classe textural definida na análise descritiva. Tendo uma correlação cofenética de 0,83, este método demonstra confiabilidade na relação entre a matriz de dissimilaridade e o dendrograma, sendo considerado bom o ajuste dos grupos formados, possibilitando fazer inferências por meio da granulometria do solo. Para Monteiro et al. (2010), quanto mais próximo da unidade for o coeficiente de correlação cofenético, melhor a representação da matriz de dissimilaridade na forma de dendrograma.

Reforçando os resultados pelo método de Tocher, o dendrograma pelo UPGMA mostrou que os ambientes de coleta Abadiânia-P2 e Mineiros-P1 são os mais similares, e os ambientes Abadiânia-P1 e Caiapônia-P2 são os mais divergentes em relação aos demais, com base na granulometria do solo.

2.3.3.2.2. Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

O dendrograma foi obtido a partir da matriz de dissimilaridade, gerada pela distância euclidiana média, dos 10 ambientes de coleta de Gabirobeiras em função da granulometria do solo (Figura 20). Procedeu-se a divisão dos grupos próximo a 35% de distância, formando 6 grupos, adotando-se o critério de corte, o método proposto por Mojena (1977), tendo uma correlação cofenética de 0,88, sendo considerado um ótimo ajuste segundo Rohlf (2000).

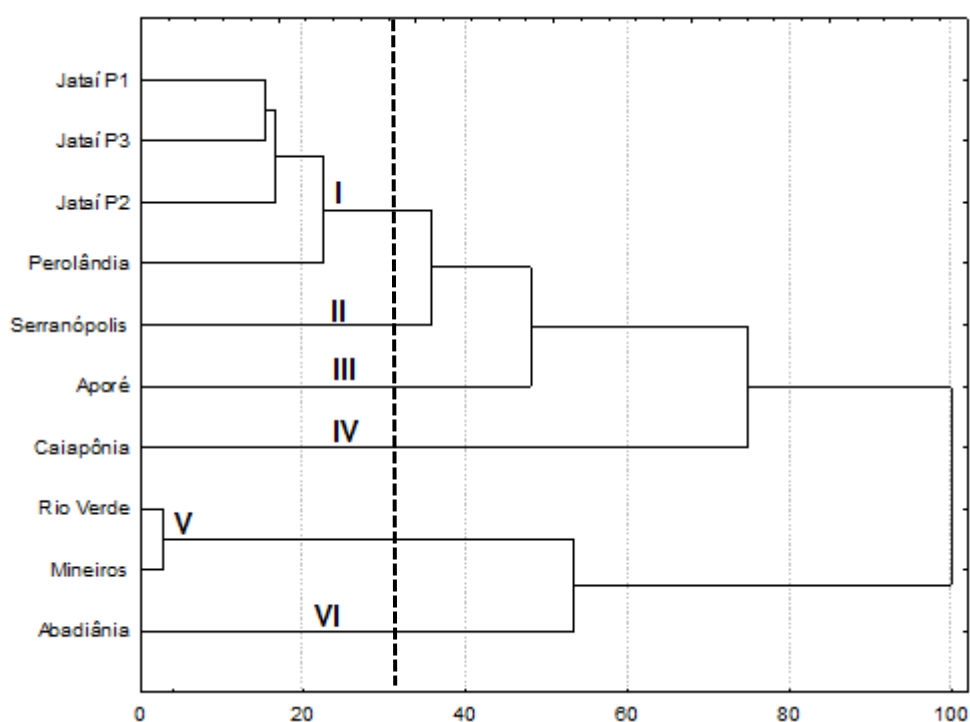


Figura 20. Dendrograma gerado pelo método UPGMA a partir das dissimilaridades expressas pela distância euclidiana média entre os 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.), a partir da granulometria do solo.

Em relação ao método de otimização de Tocher, o UPGMA apresenta uma formação mais complexa, referindo-se as menores distâncias, permitindo visualização dos ambientes de coleta mais similares dentro dos grupos (GONÇALVES et al., 2014). Por exemplo, o grupo I do UPGMA, formado pelos ambientes de coleta Jataí-P1, Jataí-P3, Jataí-P2 e Perolândia, os quais compõem o grupo II do Tocher, mas a representação do UPGMA permite visualizar dentro do grupo, demonstrando maior similaridade entre os ambientes Jataí-P1 e Jataí-P3. O mesmo fato é observado pelo grupo V do UPGMA, onde os ambientes de coleta

localizados no município de Rio Verde e Mineiros são mais similares, ou seja, possuem as menores distâncias.

Nota-se que pelo método UPGMA, os ambientes de coleta Serranópolis, Aporé, Caiapônia e Abadiânia foram alocados isoladamente, e no método de Tocher o único que permaneceu individualizado foi Caiapônia, sendo um ambiente de coleta divergente pelos dois métodos de agrupamento. Isto pode ser explicado pelo fato de que, o Tocher preconiza sempre as maiores distâncias entre grupos em relação à distância dentro dos grupos (BERTAN et al., 2006).

2.3.3.2.3. Análise de Componentes Principais (ACP)

2.3.3.2.3.1. Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

Os resultados obtidos pela análise de componentes principais, seus respectivos autovalores e as porcentagens da variância contida nos 11 ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado, explicada por essas componentes, em relação à granulometria do solo, estão apresentados na Tabela 33.

Tabela 33. Análise de componentes principais (autovalores, variância e variância acumulada), gerada a partir da granulometria do solo para os 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

Componente Principal	Autovalores	Variância (%)	Variância Acumulada (%)
1	2,813	70,32	70,32
2	1,003	25,07	95,39
3	0,184	4,60	99,99
4	0,000	0,01	100,00

Observa-se que as duas componentes são suficientes para explicar a maior parte (95,39%) da variação total dos dados, sendo 70,32% da primeira componente e 25,07% da segunda. Os coeficientes dos autovetores associados às componentes principais indicam que a primeira componente está mais relacionada à areia grossa, a segunda com o silte e a quarta com a argila, considerando-se que a importância relativa das componentes principais decresce da primeira para a última, tem-se que

a fração argila é responsável pela explicação de uma fração mínima da variância total disponível nos 11 ambientes de coleta.

Como as duas componentes principais foram responsáveis pela explicação da variação total dos dados, a plotagem dos escores gerados pelas duas componentes num plano bidimensional é confiável para mostrar a variabilidade existente entre os ambientes de coleta (Figura 21).

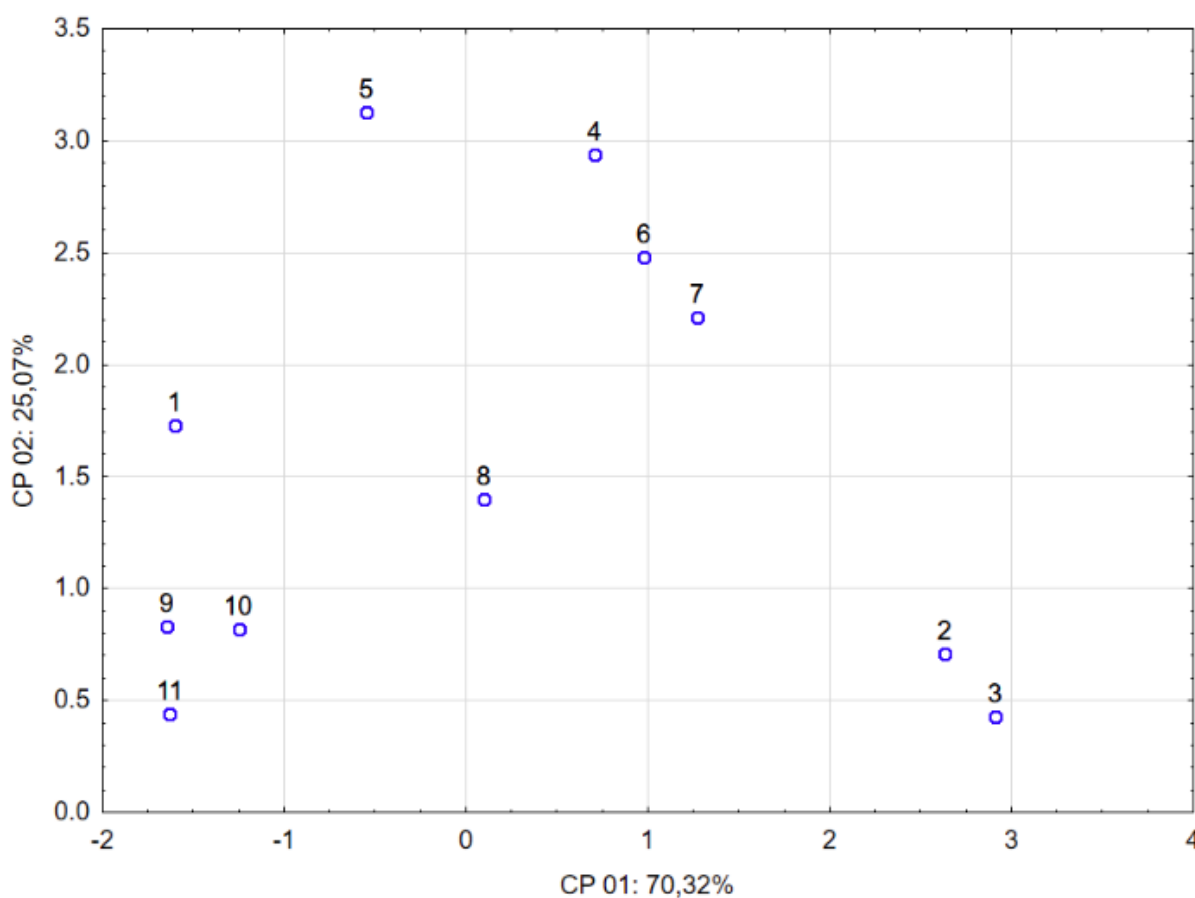


Figura 21. Dispersão gráfica de escores dos 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) em relação as três componentes principais, tendo como base a granulometria do solo, sendo: (1) Jataí; (2) Aporé; (3) Serranópolis; (4) Caiapônia-P1; (5) Caiapônia-P2; (6) Barra do Garças; (7) Piranhas; (8) Abadiânia-P1; (9) Abadiânia-P2; (10) Mineiros-P1; (11) Mineiros-P2.

Em concordância aos métodos de agrupamento UPGMA e Otimização de Tocher, a plotagem dos ambientes de coleta em um gráfico bidimensional em relação aos escores das duas componentes principais, demonstrou que os ambientes Abadiânia-P2, Mineiros-P1 e Mineiros-P2 estão próximos. Destaca-se neste método

que os ambientes Jataí e Barra do Garças são similares e os ambientes Serranópolis e Piranhas são divergentes em relação aos demais.

2.3.3.2.3.2. Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

Os resultados obtidos das componentes principais, seus respectivos autovalores e as porcentagens da variância contida nos 10 ambientes de coleta de Gabirobeiras, explicada por essas componentes, em relação à granulometria do solo, estão apresentados na Tabela 34.

Observa-se que as duas primeiras componentes são suficientes para explicar a maior parte (94,31%) da variação total dos dados, sendo 72,21% da primeira componente e 22,10% da segunda. Os coeficientes dos autovetores associados às componentes principais indicam que a primeira componente está mais relacionada à argila, a segunda com o areia grossa e a quarta com o silte, considerando-se que a importância relativa das componentes principais decresce da primeira para a última, tem-se que a fração silte é responsável pela explicação de uma fração mínima da variância total disponível nos 10 ambientes de coleta de Gabirobeiras.

Tabela 34. Análise de componentes principais (autovalores, variância e variância acumulada), gerada a partir da granulometria do solo para os 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

Componente Principal	Autovalores	Variância (%)	Variância Acumulada (%)
1	2,888	72,21	72,21
2	0,884	22,10	94,31
3	0,227	5,68	99,99
4	0,000	0,01	100,00

Como as duas componentes principais foram responsáveis pela explicação da variação total dos dados, a plotagem dos escores gerados pelas 2 componentes num plano bidimensional indica ser favorável para demonstrar a variabilidade existente entre os ambientes (Figura 22).

É possível fazer uma associação da dispersão gráfica com os grupos formados pelos métodos de otimização de Tocher e UPGMA, o que permite uma interpretação gráfica das distâncias, adiciona-se a isto a explicação pelas duas componentes de grande parte da variação. Assim é possível verificar que os

ambientes de coleta de Rio Verde e Mineiros e Jataí-P1 e Jataí-P3 são os mais similares e os ambientes Aporé e Caiapônia são mais divergentes em relação aos demais.

Gubiani et al. (2012) pela técnica de componentes principais e Carneiro et al. (2009) pela técnica de variáveis canônicas juntamente com o agrupamento pelo método de Otimização de Tocher, conseguiram identificar que o uso agrícola promoveu alterações nos atributos físicos dos solos em relação ao solo sob vegetação nativa do Cerrado.

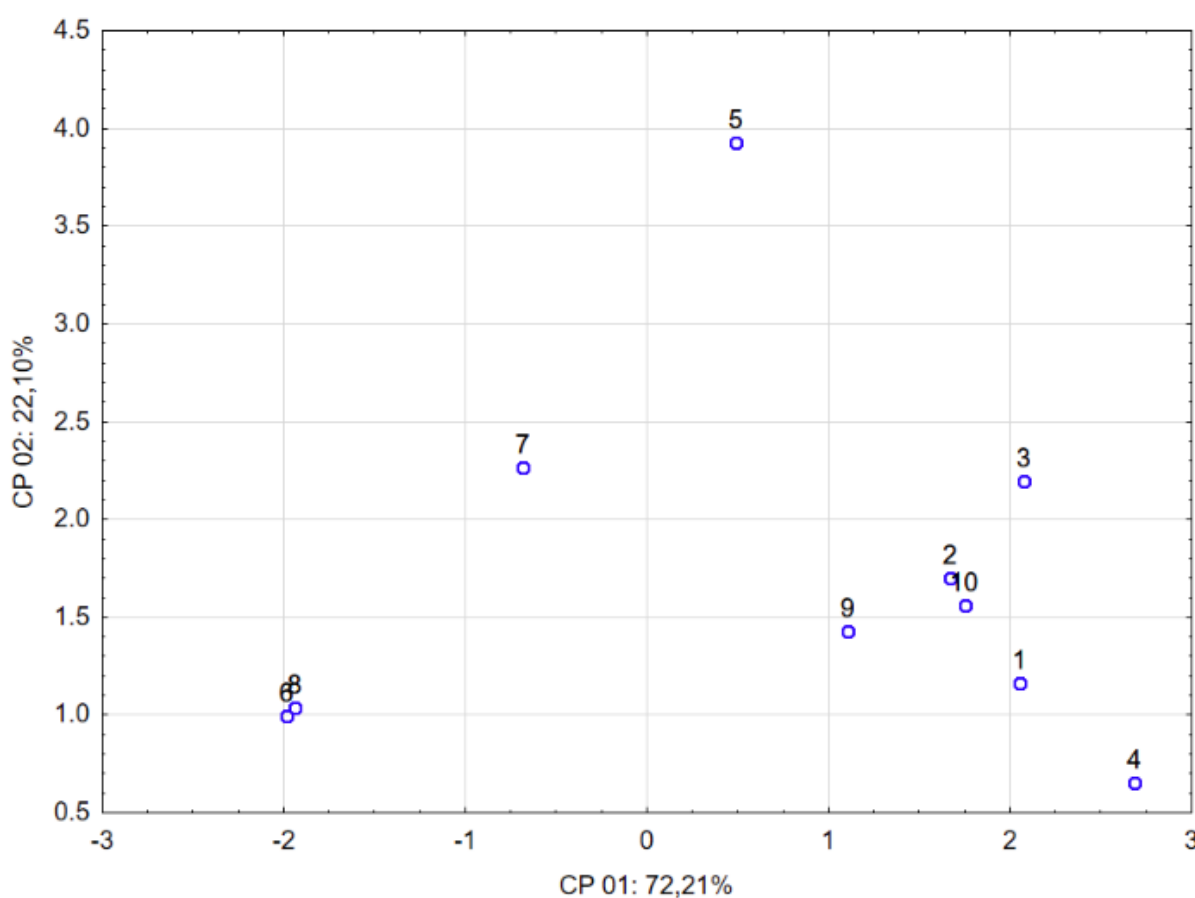


Figura 22. Dispersão gráfica de escores dos 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.) em relação às três componentes principais, tendo como base a granulometria do solo, sendo: (1) Jataí-P1; (2) Jataí-P2; (3) Aporé; (4) Serranópolis; (5) Caiapônia; (6) Rio Verde; (7) Abadiânia; (8) Mineiros; (9) Perolândia; (10) Jataí-P3.

2.3.3.2.4. Contribuição Relativa da granulometria do solo

2.3.3.2.4.1. Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

A contribuição relativa da granulometria do solo, utilizando-se o critério proposto por Singh (1981) com dados padronizados encontra-se na Tabela 35.

Verifica-se que as frações areia grossa e areia fina contribuíram em 29,63 e 28,26%, respectivamente, para a variação existente entre os ambientes de coleta de Cajuzinho-do-cerrado estudados. No entanto, pode-se notar que para a granulometria, o distanciamento das contribuições das variáveis avaliadas não fica evidente.

Tabela 35. Contribuição relativa da granulometria do solo para a dissimilaridade dos 11 ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

Variável	S.j	Valor em %
Areia grossa	15,60	29,63
Areia fina	14,88	28,26
Silte	11,00	20,89
Argila	11,18	21,22

2.3.3.2.4.2. Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

A contribuição relativa da granulometria do solo, utilizando-se o critério proposto por Singh (1981) com dados padronizados encontra-se na Tabela 36.

Tabela 36. Contribuição relativa da granulometria do solo para a dissimilaridade dos 10 ambientes com ocorrência de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

Variável	S.j	Valor em %
Areia grossa	13,38	26,47
Areia fina	8,73	21,46
Silte	7,79	19,15
Argila	10,76	32,91

Observa-se que a fração argila (32,91%) contribuiu mais para a variação existente entre os ambientes de coleta de Gabirobeiras estudados, e a fração silte foi a que contribuiu menos para variação dos ambientes de coleta de Gabirobeiras. Carneiro et al. (2009) notaram que as variáveis de menor importância, na discriminação das áreas estudadas foram: volume total de poros, microporos, macroporos e densidade do solo. Ou seja, de todos os atributos físicos estudados, o que mais contribuiu para discriminação foi a granulometria do solo.

2.4. Conclusões

Pode-se observar diferenças entre os ambientes de ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado e Gabirobeiras por meio dos atributos do solo.

Os ambientes de coleta localizados em Mineiros – GO, apresentaram maiores valores para os atributos biológicos e matéria orgânica do solo.

Pela granulometria do solo, encontra-se as espécies Cajuzinho-do-cerrado e Gabirobeiras, em solos com textura arenosa até muito argilosa.

Os ambientes de coleta mais similares para o Cajuzinho-do-cerrado foram Mineiros-P1, Mineiros-P2, Abadiânia-P2 e Jataí. Os ambientes mais divergentes foram Caiapônia-P1 e Caiapônia-P2, ambos do município de Caiapônia.

Para as Gabirobeiras os ambientes mais similares foram Rio Verde e Mineiros, e o ambiente mais divergente foi Jataí-P3.

Os atributos nitrogênio da biomassa microbiana do solo, areia grossa, argila, soma de bases (SB), saturação por alumínio (m), H + Al, ferro (Fe), CTC a pH 7 (T), cobre (Cu), cálcio (Ca), potássio (K) e pH contribuíram mais para a discriminação entre os ambientes de ambas as espécies.

Os atributos que menos contribuíram para discriminação dos ambientes de coleta de ambas as espécies foram fósforo (P), alumínio (Al), CTC efetiva (t) e zinco (Zn).

2.5. Referências

AJALLA, A. C. A.; VIEIRA, M. D.; VOLPE, E.; ZÁRATE, N. A. H. Crescimento de mudas de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg (guavira), submetidas a três níveis de sombreamento e substratos. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal - SP, v. 36, n. 2, p. 449-458, Junho, 2014.

AJALLA, A. C. A.; VOLPE, E.; VIEIRA, M. C. V.; ZÁRATE, N. A. H. Produção de mudas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) sob três níveis de sombreamento e quatro classes texturais de solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal - SP, v. 34, n.3, p. 888-896, 2012.

ALEF, K.; NANNIPIERI, P. (Eds). **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, 576p, 1995.

ARAÚJO, S. P. **Atributos biológicos do solo sob diferentes coberturas vegetais amostrados em duas estações do ano numa topossequência no Noroeste Fluminense – RJ**. 2003. 51 f. Dissertação (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2003.

ASSAD, M. L. R. C. L. Recursos biológicos: ocorrência e variabilidade. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8., 1996, Brasília-DF. **Anais ...** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. p.20-24.

BARBOSA, F. R.; LIMA, M. F. **A cultura da goiaba**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 180 p. Coleção Plantar, 66.

BARROS, B. S. X. de; BARROS, Z. X. de; CARDOSO, L. G.; POLLO, R. A.; OLIVEIRA JUNIOR, A. J. Análise de agrupamento em variáveis de ocupação do solo em bacias hidrográficas no município de Botucatu-SP. **Energia na Agricultura**, Botucatu, vol. 31, n.1, p.102-107, 2016.

BERTAN, I., CARVALHO, F. I. F. de; OLIVEIRA, A. C.; VIEIRA, E. A.; HARTWIG, I.; SILVA, J. A. G. da; SHIMIDT, D. A. M.; VALÉRIO, I. P.; BUSATO, C. C.; RIEIRO, G. Comparação de métodos de agrupamento na representação da distância morfológica entre genótipos de trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 3, p. 279-286, 2006.

BITAR, O. Y. **Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente**. São Paulo: ABGE, 1995. 247p.

BORUVKA, L.; KOZAK, J. Geostatistical investigation of a reclaimed dumpsite soil with emphasis on aluminum. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 59, n. 1, p. 115-126, 2001.

BUSSAD, W. de O.; MIAZAKI, E. S.; ANDRADE, D. F. **Introdução à análise de agrupamentos**. São Paulo: ABE, 1990. 105 p.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D. de.; REIS, E. F. dos.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. de. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 33, p.147-157, 2009.

CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Campinas, v.14, n. 2, p. 133-142, 1990.

CORDEIRO, M. A. S.; CORÁ, J. E.; NAHAS, E. Atributos bioquímicos e químicos do solo rizosférico e não rizosférico de culturas em rotação no sistema de semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Viçosa, v.36, n. 6, p. 1794-1803, 2012.

CORRÊA, R. M.; FREIRE, M. B. G. dos S.; FERREIRA, R. L. C.; FREIRE, F. J.; COX, F. R.; KAMPRATH, E. J. Micronutrient soil tests. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L. (Ed.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1973. p. 289-317.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, v. 1 - 4. Ed. 2012, 514p.

CRUZ, C. D. GENES – a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. V. 35, n. 3, p.271-276, 2013.

CUNHA, J. A. S.; BARROS, R. F. M.; MHEL, H. U.; SILVA, P. R. R. Atributos agroecológicos de solo e caracterização de predadores generalistas no cultivo de melancia nos tabuleiros litorâneos do Piauí, Brasil. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 9 n. 1, p. 269-281, 2014.

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do Cerrado no sul do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 26, p.913-923, 2002.

DAANE, L. L.; HARJONO I.; ZYLSTRA G. J.; HÄGGBLUM M. M. Isolation and characterization of polycyclic aromatic hydrocarbon-degrading bacteria associated with the rhizosphere of salt marsh plants. **Appl Environ Microbiol**, v. 67, p. 2683–2691, 2001.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. Cap 13. p. 327-354.

DIAS, H. C. T.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; OLIVEIRA, A. P.; MICHEL, R. F. M.; LEMOS JR., J. B. Caracterização de solos altimontanos em dois transectos no Parque Estadual do Ibitipoca (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 27, p. 469-481, 2003.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. **Defining and assessing soil quality**. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). **Defining Soil Quality for a Sustainable Environment**. 35. ed. Madison, Wisconsin: ASA, CSSA E SSSA.,1994. Cap. 1. p. 3-21.

EATON, W. D. Microbial and nutrient activity in soils from three different subtropical forest habitats in Belize, Central America, before and during the transition from dry to wet season. **Applied Soil Ecology**. v. 16, p. 219-227, 2001.

EBERHARDT, D. N.; VENDRAME P. R. S.; BECQUER, T.; GUIMARÃES M. F. de. Influência da granulometria e da mineralogia sobre a retenção do fósforo em Latossolos sob pastagens no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 32, p. 1009-1016, 2008.

EMBRAPA. Serviço nacional de levantamento e conservação de solos. **Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento: normas em uso pelo SNLSC**. Rio de Janeiro, 1988. 67 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FIGUEIREDO, C. C.; RAMOS, M. L. G.; TOSTES, R. Propriedades físicas e matéria orgânica de um latossolo vermelho sob sistemas de manejo e Cerrado nativo. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 24-30, 2008.

FREDDI, O. S.; FERRAUDO, A. S.; CENTURRION, J. F. Análise multivariada na compactação de um Latossolo Vermelho cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 953- 961, 2008.

FREITAS, L. de; CASAGRANDE, J. C.; OLIVEIRA, I. A. de; AQUINO, R. E. Análises multivariadas de atributos físicos em Latossolo Vermelho submetidos a diferentes manejos. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 126-139, 2012.

GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. Cap. 8. p. 185-226.

GAMA-RODRIGUES, E. F. da.; BARROS, N. F. de.; GAMA-RODRIGUES, A. C. da.; SANTOS, G. A. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Viçosa-MG, v.29, p. 893-901, 2005.

GAMA-RODRIGUES, E. F. da; GAMA-RODRIGUES, A. C. da; PAULINO, G. M.; FRANCO, A. A. Atributos químicos e microbianos de solos sob diferentes coberturas vegetais no norte do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1521-1530, 2008.

GONÇALVES, D. L. de; AMBROZIO, V. C.; BARELLI, M. A. A.; NEVES, L. G.; SOBRINHO, S. P.; LUZ, P. B. da; SILVA, C. R. da. Divergência genética de acessos

tradicionais de feijoeiros através de características da semente. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 6, p. 1671-1681, 2014.

GUBIANI, P. I.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. **Análise de componentes principais para avaliação do uso e manejo de solos de microbacias hidrográficas rurais**. Uberlândia: CBCS, 2012. 4 p.

HARIDASAN M. Nutritional adaptations of native plants of the Cerrado biome and acid soils. **Brazilian Journal of Plant Physiology**. v. 20, p. 183-95, 2008.

JOERGENSEN, R. G.; BROOKES, P.C. Ninhydrin-reactive nitrogen measurements of microbial biomass in 0,5 M K₂SO₄ soil extracts. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 22, p. 1023-1027, 1990.

JOHNSON, R. A.; WICHERN D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 3^a ed. New Jersey, 1992. 642p.

LARCHE, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2005. 531 p.

LEITE, J. A. C. **Divergência genética, morfométrica e potencial germinativo de *Syagrus romanzoffiana***. 2001. 86 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

LOPES, A. S. **A survey of the fertility of soils under “Cerrado” vegetation in Brazil**. 1975. 138 f. Dissertação (M. Sc.) – North Carolina State University, Raleigh, 1975.

LOPES, A. S. **Solos sob “Cerrado”**: características, propriedades e manejo. Piracicaba: Potassa & Fosfato, 1983. 162 p.

LOPES, A. S.; COX, F. R. A survey of the fertility status of surface soils under Cerrado vegetation in Brazil. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 41, p.742-747, 1977.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Interpretação de análise de solo**: conceitos e aplicações. Lavras, MG: ANDA, 2004. 50 p.

LOURENTE, E. R. P.; MERCANTE, F. M.; ALOVISI, A. M. T.; CEZESMUNDO, F. G.; GASPARINI, A. S.; NUNES, C. M. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia-GO, v.41, n.1, p.20 – 28, 2011.

MACHADO, V. J; SOUZA, C. H. E; ANDRADE, B. B; LANA, R. M. Q; KORNDORFER, G. H. Curvas de disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.1, p.70-76, 2011.

MANLY, B. J. F. **Métodos estatísticos multivariados**: uma introdução. 3. ed. São Paulo: Artmed, 2008. 230p.

MEIRELES, H. T.; MARQUES JÚNIOR, J.; CAMPOS, M. C. C.; PEREIRA, G. T. Relações solo-paisagem em topossequência de origem basáltica. **Pesquisa agropecuária tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 129-136, 2012.

MELLONI, R.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Fungos micorrízicos arbusculares em solos de área de mineração de bauxita em reabilitação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n. 2, p. 267-276, 2003.

MESQUITA, M. A. M.; NAVES, R. V.; SOUZA, E. R. B.; BERNARDES, T. G.; SILVA, L. B. Caracterização de ambientes com alta ocorrência natural de araticum (*Annona crassiflora* Mart.) no estado de Goiás. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal - SP, v. 29, n. 1, p. 015-019, Abril 2007.

MOJENA, R. Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. **The Computer Journal**, Kingston, v. 20, n. 34, p. 359 – 363, 1977.

MONTEIRO, E. R.; BASTOS, E. M.; LOPES, Â. C. A.; GOMES, R. L. F.; NUNES, J. A. R. Diversidade genética entre acessos de espécies cultivadas de pimentas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 2, p. 288-293, 2010.

MOREIRA, R. S. **Banana: Teoria e prática de cultivo**. Campinas: Fundação Cargil, 1987. 335 p.

NATALE, W. **Calagem, adubação e nutrição da cultura da goiabeira**. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2015.

NAVES, R. V. **Espécies frutíferas nativas dos Cerrados de Goiás: caracterização e influências do clima e dos solos**. 1999. 206 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1999.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; RESCK, D. V. S.; CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 28, p. 327-336, 2004.

PÉREZ, V. B. **Nitrogênio e fósforo no desenvolvimento inicial da *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg cultivada em vasos**. 2011. 24 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Produção Vegetal, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados- MS, 2011.

PRAGANA, R. B.; RIBEIRO, M. R.; NÓBREGA, J. C. A.; RIBEIRO FILHO, M. R.; COSTA, J. A. Qualidade física de Latossolos Amarelos sob plantio direto na região do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n.5, p.1591-1600, 2012.

RAO, R.C. **Advanced statistical methods in biometrics research**. New York. John Wiley. 1952. 390p.

ROCHA, A. T.; DUDA, G. P.; NASCIMENTO, C. W. A.; RIBEIRO, M. R. Fracionamento de fósforo e avaliação de extratores de P disponível em solos da ilha

de Fernando de Noronha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 2, p. 178-184, 2005.

RODRIGUES, T. T. **Os efeitos do solo contaminado com petróleo na estrutura anatômica e estado nutricional do lenho jovem de *Campomanesia xanthocarpa* Berg (Myrtaceae) e *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs (Euphorbiaceae)**. 2005. 154 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

RODRIGUEZ, O. Aspectos fisiológicos, nutrição e adubação dos citros. In: RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU JUNIOR, J.; AMARO, A. A. (Ed). **Citricultura Brasileira**, Campinas: Fundação Cargil, 1991. p. 419–492.

ROHLF, F. J. **NTSYS-pc: numerical taxonomy and multivariate analysis system**, version 2.1. New York: Exeter Software, 2000. 83p.

ROHLF, F.J.; FISHER D.L. Test for hierarchical structure in random data sets. **Systematic Zoology**, Washington, v.17, p.407-412, 1968.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas - SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 26 p.

SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; CABRAL, C. P. Influência do alumínio no crescimento e na acumulação de nutrientes em mudas de goiabeira. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 24, p. 787-796, 2000.

SANCHEZ, P. A.; SALINAS, J. G. Low input technology for managing Oxisols and Ultisols in tropical America. **Advances in Agronomy**, New York, v. 34, p. 280-406, 1981.

SANTANA, J. G. das; NAVES, R. V.; Caracterização de ambientes de Cerrado com alta densidade de pequizeiros (*Caryocar brasiliense* Camb.) na região Sudeste do estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 33, n. 1, p. 1-10, 2003.

SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; SPERA, S.T.; DREON, G. Fertilidade e teor de matéria orgânica do solo em sistemas de produção com integração lavoura e pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, v.6, n.3, p.474 - 482, 2011.

SENA, M. M.; FRIGHETTO, R. T. S.; VALARINI, P. J.; TOKESHI, H.; POPPI, R. J. Discrimination of management effects on soil parameters by using principal component analysis: a multivariate analysis case study. **Soil Tillage Research**, v. 67 p. 171–181, 2002.

SILVA, L. G. da; MENDES, L. C.; REIS JUNIOR, F. B.; FERNANDES, M. F.; MELO, J. T. de; KATO, E. Atributos físicos, químicos e biológicos de um latossolo de Cerrado em plantio de espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.6, p.613-620, 2009.

SILVA, M. O.; FREIRE, M. B. G. S.; MENDES, A. M. S.; FREIRE, F. J.; CAMPOS, M. C. C.; AMORIM, L. B. Discriminação de diferentes classes de solos irrigados com águas salinas, na região de Mossoró (RN), com o uso de análise multivariada. **Ambiência**, Guarapuava, v. 6, n. 2, p. 261–270, 2010.

SINGH, G. Late quaternary pollen records and seasonal palaeoclimates of lake frome, South Australia. **Hydrobio-logia**, n. 82, p. 419 - 430, 1981.

SKORUPA, A. L. A.; GUILHERME, L. R. G.; CURI, N.; SILVA, C. P. C. de; SCOLFORO, J. R. S; MARQUE, J. J. G. S. M. Propriedades de solos sob vegetação nativa em Minas Gerais: distribuição por fitofisionomia, hidrografia e variabilidade espacial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 36, n.1, p.11-22, 2012.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. Cap. 6. p. 147-168.

SOUZA, G. A.; QUEIROZ, J. M. R.; ANJOS, O. F.; SANTOS, E. A. M.; MARTINS, E. R.; FERNANDES, L. A.; COSTA, C. A. Levantamento ecogeográfico de *Dimorphandra mollis* Benth. (Leguminosae-Caesalpinioideae) no Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.10, n.4, p.51-62, 2008.

SOUZA, Z. M. de; ALVES, M. C. Propriedades físicas e teor de matéria orgânica em um Latossolo Vermelho de Cerrado sob diferentes usos e manejos. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 27-34, 2003.

TOMÉ JÚNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247 p.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v.19, p. 703-707, 1987.

VENEGAS, V. H. A.; NOVAIS, R. F. de.; BARROS, N. F. de.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; VENEGAS, V. H. A. (Ed.). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: UFV, 1999. Cap. 5. p. 25-32.

VIEIRA, F. C. B.; BAYER, C.; ZANATTA, J.; ERNANI, P. R. Organic matter kept Al toxicity in a subtropical no-tillage soil under long term (21-year) legume-based crop systems and N fertilization. **Australian Journal of Soil Research**. Sydney, v.47, n.7, p.707-714, 2009.

VOLPE, E.; MARCHETTI, M. E.; MACEDO, M. C. M.; ROSA JÚNIOR, E. J. Renovação de pastagem degradada com calagem, adubação e leguminosa consorciada em Neossolo Quartzarênico. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n.1, p. 131-138, 2008.

YADA, M. M.; MINGOTTE, F. L. C.; SILVA, E. F. L.; LONGO, R. M.; MELO, V. P. de; MELO, W. J. de; ARAÚJO, A. S. F. de. **Atributos biológicos em solos degradados por mineração em fase de recuperação - Serra Da Onça, RO, Brasil**. Uberlândia: CBCS, 2012. 4 p.

CAPÍTULO 3 – DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE PROCEDÊNCIAS DE CAJUZINHO-DO-CERRADO E GABIROBEIRAS POR MEIO DE MARCADORES ISSR

RESUMO – O Cajuzinho-do-cerrado e as Gabirobeiras são frutíferas nativas do Cerrado, cujos frutos apresentam excelentes perspectivas de aproveitamento comercial. Objetivou-se com este estudo avaliar a divergência entre procedências de Cajuzinho-do-cerrado e Gabirobeiras por meio de marcadores moleculares ISSR. Foram analisadas 11 procedências de Cajuzinho-do-cerrado com 11 marcadores ISSR, os quais produziram um total de 64 marcas, sendo todas polimórficas e 10 procedências de Gabirobeiras com 12 marcadores ISSR, os quais produziram 104 marcas sendo todas polimórficas. As dissimilaridades genéticas entre as procedências variaram de 0,915 a 0,260 para o Cajuzinho-do-cerrado e 0,906 a 0,273 para gabirobeiras, com base no coeficiente de Jaccard. Pela análise multivariada as procedências Piranhas e Abadiânia-P2 e Perolândia e Jataí-P3 apresentaram maior divergência para Cajuzinho-do-cerrado e Gabirobeiras, respectivamente. Os marcadores ISSR demonstram eficiência na detecção de polimorfismos moleculares, revelando expressiva divergência genética entre procedências de Cajuzinho-do-cerrado e Gabirobeiras.

Palavras-chave: Diversidade genética, polimorfismo, análise multivariada, *Anacardium humile* A. St.- Hil. e *Campomanesia* spp.

CHAPTER 3 - GENETIC DIVERGENCE AMONG PROVENANCES OF CAJUZINHO-DO-CERRADO E GABIROBEIRAS THROUGH ISSR MARKERS

SUMMARY - The Cajuzinho-do-cerrado and Gabirobeiras are native Cerrado fruit, the fruits of which have excellent prospects for commercial use. The goal of this study was to evaluate the divergence between provenances of the *Anacardium humile* A. St.- Hil. and *Campomanesia* spp. by molecular markers ISSR. We analyzed 11 provenances of the Cajuzinho-do-cerrado with 11 ISSR markers, which produced a total of 64 marks, all of polymorphic and 10 provenances of Gabirobeiras with 12 ISSR markers, which produced 104 brands and all polymorphic. The genetic dissimilarities between the provenances ranged from 0,915 to 0,260 for the Cajuzinho-do-cerrado and from 0.906 to 0.273 for Gabirobeiras based on Jaccard coefficient. Multivariate analysis provenances Piranhas and Abadiânia-P2 and Perolândia and Jataí- P3 showed greater divergence for the both species. ISSR demonstrate efficiency in detecting molecular polymorphisms, showing expressive genetic diversity among provenances of the Cajuzinho-do-cerrado and Gabirobeiras.

Keywords: Genetic diversity, polymorphism, multivariate analysis, *Anacardium humile* A. St.- Hil. and *Campomanesia* spp.

3.1. Introdução

As espécies Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) e Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.) são fruteiras nativas do bioma Cerrado, que apresentam elevada variabilidade. Estudos que visem identificar procedências ou ambientes com divergências genéticas de alta magnitude, poderão gerar subsídios para estudos sobre a potencialidade comercial destas espécies, assim como a utilização das mesmas em programas de melhoramento (ASSIS et al., 2013; CARVALHO et al., 2012). Segundo Corrêa (1984) e Almeida et al. (1998) os frutos de Cajuzinho-do-cerrado e Gabirobeiras são bastante apreciados para consumo in natura na região do Cerrado, o que torna as espécies com alto potencial alternativo para geração de renda.

Na literatura, são incipientes os trabalhos com o uso de técnicas moleculares para obtenção de informações sobre diversidade genética destas espécies. A utilização de marcadores genéticos em estudos populacionais de espécies nativas tem demonstrado tratar-se de ferramenta com grande poder de discriminação (FREITAS et al., 2005). Neste aspecto, o marcador ISSR (*Inter Simple Sequence Repeat*), que se baseia na amplificação de regiões entre sequências microssatélites adjacentes do DNA via PCR (*Polymerase Chain Reaction*), além de não exigir um conhecimento prévio do genoma, apresenta elevado grau de polimorfismo, reprodutibilidade e baixo custo (FALEIRO, 2007; GONZALÉZ et al., 2002).

Os marcadores ISSR têm-se mostrado eficientes em diversos estudos de análise da variabilidade genética em fruteiras, dentre elas o biribazeiro (LORENZONI et al., 2014), a manga (ROCHA et al., 2012) e o umbu-cajazeira (SANTANA et al., 2011). Neste contexto, Dantas et al. (2012) frisam que este tipo de marcador permite a identificação de ampla variabilidade intra e interespecíficas e intra e interpopulacional, com isso fundamentam-se como uma ferramenta bastante útil em programas de melhoramento e estudos de diversidade genética.

Objetivou-se com este estudo avaliar a divergência entre procedências de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) e Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.) por meio marcadores moleculares ISSR.

3.2. Material e métodos

3.2.1. Descrição da coleta

Foram realizadas oito expedições nos meses de fevereiro e março de 2015, para a coleta de folhas novas completamente expandidas nos ambientes de ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) e Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.). As coletas foram realizadas em nove municípios no estado de Goiás: Abadiânia, Aporé, Caiapônia, Jataí, Mineiros, Perolândia, Piranhas, Rio Verde e Serranópolis e um município em Mato Grosso: Barra do Garças, consideradas procedências. Em alguns municípios foram realizadas mais de uma coleta, quando isso aconteceu os ambientes eram distantes e as procedências tinham diferença marcante de solo.

O clima de todas as regiões de ocorrência são caracterizados, segundo Köppen, como sendo tropical chuvoso (Aw), apresentando temperatura média anual de 18 a 32 °C e precipitação pluvial média anual em torno de 1.700 mm. As coletas foram georeferenciadas (Tabelas 37 e 38), e os dados foram usados para representar as localizações geográficas (Figuras 23 e 24).

Tabela 37. Georeferenciamento das procedências de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) estudadas

Procedências	Municípios	Estado	Altitude (m)	Latitude (S)	Longitude (W)
Jataí	Jataí	GO	882	17° 58' 9,377"	52° 4' 51,640"
Aporé	Aporé	GO	582	18° 54' 9,525"	51° 54' 22,390"
Serranópolis	Serranópolis	GO	550	18° 22' 10,342"	51° 57' 26,147"
Caiapônia-P1	Caiapônia	GO	803	17° 11' 49,756"	51° 56' 24,773"
Caiapônia-P2	Caiapônia	GO	742	16° 51' 29,032"	51° 53' 45,772"
Barra do Garças	Barra do Garças	MT	566	15° 51' 11,472"	52° 16' 8,853"
Piranhas	Piranhas	GO	376	16° 27' 3,037"	51° 50' 12,692"
Abadiânia-P1	Abadiânia	GO	1080	16° 12' 1,528"	48° 44' 40,416"
Abadiânia-P2	Abadiânia	GO	1134	16° 2' 40,039"	48° 51' 38,983"
Mineiros-P1	Mineiros	GO	857	17° 56' 41,414"	52° 59' 31,625"
Mineiros-P2	Mineiros	GO	868	18° 3' 56,166"	52° 56' 21,541"

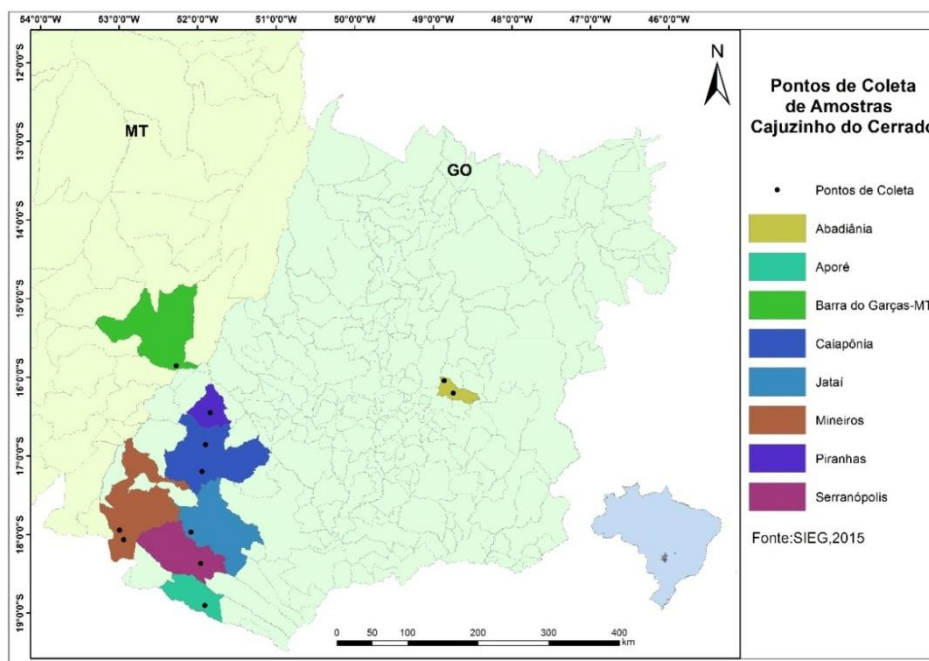


Figura 23. Área territorial das procedências de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) estudadas.

Tabela 38. Georeferenciamento das procedências de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.) estudadas

Procedências	Municípios	Estado	Altitude (m)	Latitude (S)	Longitude (W)
Jataí-P1	Jataí	GO	731	51° 39' 19,001"	18° 6' 59,270"
Jataí-P2	Jataí	GO	568	51° 37' 8,426"	18° 27' 4,955"
Aporé	Aporé	GO	573	51° 55' 20,740"	18° 55' 49,698"
Serranópolis	Serranópolis	GO	549	51° 56' 50,891"	18° 21' 28,647"
Caiapônia	Caiapônia	GO	797	51° 56' 24,495"	17° 11' 48,260"
Rio verde	Rio verde	GO	869	51° 12' 36,108"	17° 49' 6,640"
Abadiânia	Abadiânia	GO	1071	48° 44' 39,575"	16° 12' 1,421"
Mineiros	Mineiros	GO	880	53° 0' 19,338"	17° 55' 29,567"
Perolândia	Perolândia	GO	867	52° 3' 10,159"	17° 34' 10,017"
Jataí-P3	Jataí	GO	857	52° 3' 10,464"	17° 34' 10,048"

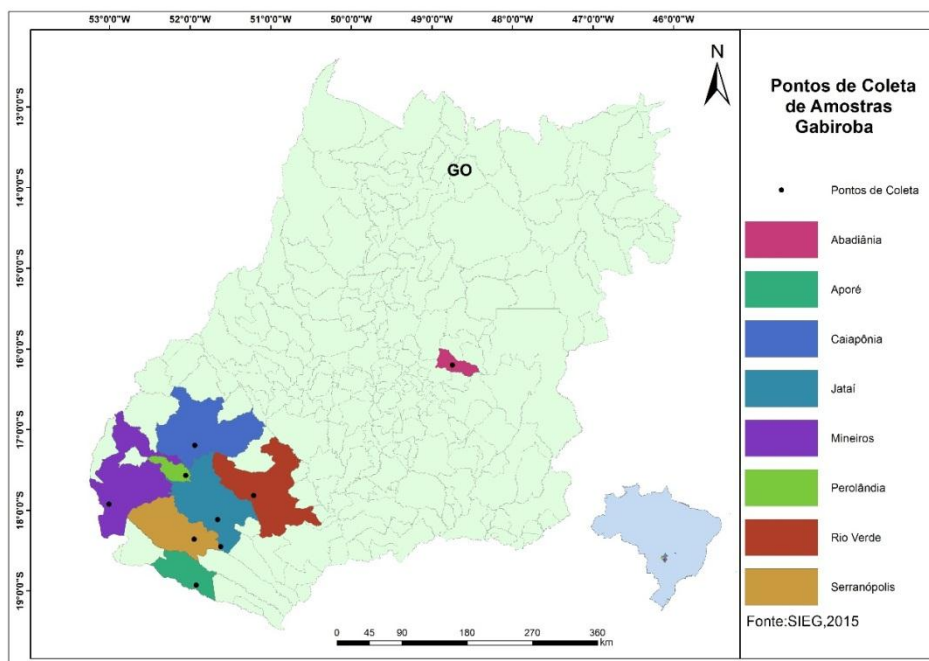


Figura 24. Área territorial das procedências de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.) estudadas.

Para caracterização genética com base em marcadores moleculares, foram coletadas folhas de 10 plantas de Cajuzinho-do-cerrado e 10 plantas de Gabirobeiras, em cada procedência. A identificação das plantas para coleta foi feita de forma aleatória, retirando-se de 5 a 10 folhas de cada planta. O material vegetal coletado foi acondicionado em sacos plásticos contendo sílica, devidamente identificados e transportados em caixas de isopor para o laboratório de Genética e Biologia Molecular da UFG – Regional Jataí, e armazenadas em freezer (- 20°C), para posterior extração do DNA e análise molecular.

3.2.2. Extração de DNA Genômico

O DNA genômico foi extraído utilizando-se o protocolo de Faleiro et al. (2003) adaptado por Carvalho et al. (2012).

Após a extração, o DNA total de cada uma das procedências foi quantificado por espectrofotometria Nanodrop®, para análise de pureza, concentração e diluição com base nas leituras de absorbância de 260 nm a 280 nm. A relação A_{260}/A_{280} indica qualidade satisfatória quando varia entre 1,4 a 2,2, sendo considerada ideal quando a variação vai de 1,6 a 2,0.

Para análise da integridade do DNA, o material foi submetido a eletroforese em gel de agarose 0,8 %, foram utilizados 5 μL de DNA diluído e 3 μL da mistura de azul de bromofenol. Com base neste resultado, todas as amostras individuais de cada procedência, foram combinadas formando os *bulks* de DNA diluídos em água para a concentração de trabalho de 5 $\text{ng } \mu\text{L}^{-1}$.

3.2.3. Reações de Amplificação e obtenção dos dados moleculares

As reações foram preparadas em tubos eppendorf com capacidade volumétrica para 200 μL . Utilizou-se um volume final de 13 μL para as reações de amplificação dos *primers* ISSR's, contendo: 6,5 μL de 2x PCR MasterMix (*Taq* Polimerase, Tampão de PCR e dNTPs) da marca ABM® que corresponde a 1X da solução, 1,0 μL de MgCl_2 (a 3Mm), 1,0 μL de BSA (a 0,25 $\text{mg } \mu\text{L}^{-1}$), 1,3 μL de *primer* (a 0,4 μM), 2,2 de água ultrapura Mili-Q®, e 1,0 μL de DNA a 50 ng).

As amplificações foram feitas em termociclador Veriti 96 Well Thermal Cycler (Applied Biosystems) programado de acordo com Barros et al. (2005), para 40 ciclos, sendo cada um, constituído pela seguinte sequencia: 94° C por 4 minutos (1 ciclo), 94°C por 1 minuto 42 - 50°C por 45 segundos (dependendo do *primer*), 72°C por 1 minuto. Após os 40 ciclos, foi feita uma etapa de extensão final de 7 minutos a 72°C e, finalmente, a temperatura foi reduzida para 4°C, para conservar o material (FALEIRO et al., 2003). Posteriormente a reação de PCR, foi adicionado, a cada amostra, 3 μL da mistura de azul de bromofenol. O volume total de cada amostra foi aplicado em gel de agarose (2,5%), corado com brometo de etídio e submerso em tampão TBE 1X(Tris-Borato 90 mM, EDTA 1 Mm). Ao término de cada eletroforese, os géis foram fotografados sob luz ultravioleta. Foi utilizado como padrão de peso molecular 1 Kb Ladder DNA Marker da Affymetrix USB Products, que varia de 100 a 1000 bp.

3.2.4. Seleção de *primers* para a obtenção dos marcadores ISSR

Na tabela 39 encontram-se os 12 *primers* ISSR da marca Sigma®, que possuem temperatura de anelamento de 42°C a 50°C, selecionados após uma análise de *screen*. Utilizou-se como critério de seleção os *primers* que apresentassem maior número de ampliações e alto polimorfismo.

Tabela 39. Relação e descrição dos 12 primers ISSR selecionados para as análises moleculares das 11 procedências de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) e 10 procedências de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

<i>Primers</i>	% GC	Temperatura de Anelamento
(AC) ₉ T	47	50
(AG) ₈ YC	44	42
(CA) ₇ YC	50	44
(CA) ₇ YG	50	45
(CTCT) ₄ RC	53	43
(GA) ₈ YC	50	43
(GGAGA) ₃	60	44
(GTG) ₄ RC	68	48
(TC) ₈ G	53	44
GAC(CAA) ₅	40	42
HVH(TG) ₇	49	47
TA(CAG) ₄	57	44

3.2.5. Análise estatística

Os marcadores ISSR obtidos nas reações de amplificação foram identificados e interpretados numa matriz de dados binários (0,1), sendo “0” ausência da marca e “1” a presença. Com esta matriz calculou-se a porcentagem de polimorfismo obtido com cada primer utilizado, através da expressão:

$$P = \frac{nbp}{nbt}$$

Onde:

P = porcentagem de polimorfismo (ou taxa de polimorfismo);

nbp = número de bandas polimórficas;

nbt = número de bandas totais.

A partir da matriz binária, efetuou-se o cálculo das estimativas de similaridade genética (sg_{ij}) entre o i-ésimo e o j-ésimo acesso pelo emprego do coeficiente de

similaridade de Jaccard (JACCARD, 1908). A expressão para as estimativas de Jaccard encontra-se abaixo:

$$Sg_{ij} = \frac{a}{a + b + c}$$

Em que:

a: número de casos em que ocorre a presença da banda em ambas as procedências, simultaneamente;

b: número de casos em que ocorre a presença da banda somente na procedência i;

c: número de casos em que ocorre a presença da banda somente na procedência j;

Estes dados geraram a matriz de similaridade entre as procedências, a qual foi convertida em matriz de dissimilaridade, obtidas a partir do complemento aritmético do coeficiente de similaridade ($dg_{ij} = 1 - sg_{ij}$).

As dissimilaridades genéticas obtidas pelo complemento do coeficiente de Jaccard, foram utilizadas para a análise de agrupamento das procedências pelo método de Otimização de Tocher e método hierárquico UPGMA (Método da Ligação Média Entre Grupos), conforme Cruz et al. (2012). O critério de corte utilizado para determinação do número de grupos foi o proposto por Mojena (1977), baseado no tamanho relativo dos níveis de fusões (distâncias). Foi calculado o coeficiente de correlação cofenética (CCC) entre a matriz de dissimilaridades genética e a matriz dos valores cofenéticos, a fim de verificar a consistência do agrupamento. Valores de CCC acima de 0,8 indicam boa representatividade entre as distâncias (CRUZ et al., 2012).

A fim de certificar a dispersão entre as procedências estudadas, realizou-se análise de coordenadas principais. Para todas as análises utilizou-se o aplicativo computacional genes (CRUZ, 2013) e o software Statistic versão 5.0, para confecção de dendrogramas e gráficos.

3.3. Resultados e discussão

O protocolo de Faleiro et al. (2003) adaptado por Carvalho et al. (2012) propiciou uma extração de DNA bem sucedida apresentando DNA com qualidade física e química adequada para posterior reações de amplificação com marcadores ISSR's. Esses marcadores mostraram-se eficientes na detecção da diversidade genética entre as procedências de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.-Hil.) e Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.) utilizados neste trabalho.

3.3.1. Porcentagem de polimorfismo

3.3.1.1. Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

Para as procedências de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.-Hil.) foram selecionados 11 iniciadores de ISSR's. Estes geraram 67 marcas, perfazendo uma média de 6,0 marcas por iniciador. Do total de marcas, 100% foram polimórficas (Tabela 40).

Tabela 40. Marcadores ISSR utilizados na amplificação das procedências de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.), com suas respectivas sequências

Primers	Número total de bandas amplificadas	Número total de bandas polimórficas	% polimorfismo
(AC) ₉ T	6	6	100
HVH(TG)7	9	9	100
(AG)8YC	6	6	100
(CA)7YC	6	6	100
(CA)7YG	6	6	100
(CTCT)4RC	5	5	100
(GA) ₈ YC	6	6	100
(GGAGA)3	6	6	100
(TC)8G	6	6	100
GAC(CAA)5	1	1	100
TA(CAG)4	10	10	100

A alta porcentagem de marcadores polimórficos evidencia a presença de alta diversidade genética entre as 11 procedências de Cajuzinho-do-cerrado estudadas. Carvalho et al. (2012) trabalhando com variabilidade genética de Cajuzinho-do-cerrado encontrou taxa de polimorfismo de 99% por meio de marcadores RAPD. Silva et al. (2016) analisando a diversidade genética entre cultivos comerciais de cupuaçuzeiro via marcadores ISSR encontraram taxa de polimorfismo de 52%.

As elevadas taxas de polimorfismo geradas pelos marcadores ISSR, depende unicamente do iniciador e dos produtos da amplificação, quanto maior a detecção de regiões amplificadas maior a probabilidade de que este material apresente uma alta taxa de polimorfismo (LORENZONI et al., 2014).

3.3.1.2. Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

Para as procedências de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.) foram selecionados 12 iniciadores de ISSR's. Estes geraram 104 marcas, perfazendo uma média de 8,7 marcas por iniciador. Do total de marcas, 100% foram polimórficas (Tabela 41).

Tabela 41. Marcadores ISSR utilizados na amplificação das procedências de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.), com suas respectivas sequências

Primers	Número total de bandas amplificadas	Número total de bandas polimórficas	% polimorfismo
(AG) ₈ YC	8	8	100
(CA) ₇ YC	8	8	100
(CA) ₇ YG	4	4	100
(CTCT) ₄ RC	3	3	100
(GA) ₈ YC	8	8	100
(GGAGA) ₃	13	13	100
(TC) ₈ G	8	8	100
GAC(CAA) ₅	8	8	100
TA(CAG) ₄	10	10	100
(AC) ₉ T	11	11	100
(GTG) ₄ RC	13	13	100
HVH(TG) ₇	10	10	100

A alta porcentagem de marcadores polimórficos evidencia a presença de alta diversidade genética entre as 10 procedências de Gabirobeiras estudadas. Assis et al. (2013) trabalhando com diversidade genética de Gabirobeiras encontrou taxa de polimorfismo de 90,4% para os marcadores RAPD. Santana et al. (2011) analisando a diversidade genética entre acessos de umbu-cajazeira via marcadores ISSR encontraram taxa de polimorfismo de 80%.

O alto polimorfismo deste trabalho para ambas as espécies, pode estar relacionado com a mistura de plantas dentro das procedências, conseqüentemente uma mistura de DNA na formação dos *bulks*.

Marcadores moleculares baseados em ISSR têm sido empregados com sucesso nas estimativas de variabilidade genética em espécies silvestres e cultivadas, tanto intra quanto interpopulacionais (UYSAL et al., 2010; ROSSATO et al., 2007; GHARIANI et al., 2003).

3.3.2. Diversidade genética baseada em Marcadores ISSR

3.3.2.1. Agrupamento pelo método de Otimização de Tocher

3.3.2.1.1. Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

A dissimilaridade entre as 11 procedências de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.), estimada pelo complemento da matriz de dissimilaridade gerada pelo índice de Jaccard, variaram de 0,915 a 0,260, sendo a dissimilaridade de 0,915 para as procedências de Serranópolis e Abadiânia-P2, consideradas mais divergentes, e a dissimilaridade de 0,260 para as procedências de Serranópolis e Mineiros-P1, consideradas mais similares. Estes resultados corroboram com Carvalho et al. (2012), que avaliando a dissimilaridade entre acessos de Cajuzinho-do-cerrado baseado em marcadores RAPD, constataram as menores dissimilaridades para os acessos procedentes de Mineiros-GO e Serranópolis-GO.

O agrupamento das 11 procedências de Cajuzinho-do-cerrado em relação à dissimilaridade genética, foi feito pelo método de Otimização de Tocher, com base no complemento a matriz de dissimilaridade gerada pelo índice de Jaccard (Tabela 42). Subdividiram-se as 11 procedências em dois grupos, sendo o grupo I constituído por 91% das procedências e o grupo II foi constituído por apenas uma procedência (Abadiânia-P2), sendo esta, a mais divergente em relação às demais.

Tabela 42. Agrupamento pelo método de otimização de Tocher para as 11 procedências de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) e as menores distâncias com as demais procedências, baseado na matriz de dissimilaridade gerada pelo índice de Jaccard, a partir de marcador molecular ISSR

Grupo	Procedências
I	Serranópolis (0,26) Mineiros-P1 (0,26) Aporé (0,36) Caiapônia-P1(0,37) Caiapônia-P2 (0,30) Barra do Garças (0,30) Jataí (0,44) Mineiros-P2 (0,35) Abadiânia-P1 (0,35) Piranhas (0,46)
II	Abadiânia-P2 (0,76)

Archak et al. (2003) compararam a eficiência de três tipos de marcadores moleculares (RAPD, ISSR e AFLP) na medida de variação na discriminação genotípica de germoplasma de caju. Os autores verificaram que, a partir de cada um dos três tipos de marcadores utilizados, foi possível discriminar os 19 acessos de *Anacardium occidentale* avaliados, com maior eficiência para os marcadores AFLPs. Foram empregados 12 *primers* ISSR, que produziram 171 bandas (73,7% polimórficas). Os resultados evidenciaram que a base genética entre eles é muito estreita, apesar da grande amplitude geográfica entre os locais de obtenção das procedências.

Verifica-se que o princípio do Método de Tocher, leva a formação de um grupo grande neste trabalho. Isso pode ser explicado pelo fato de que a procedência de Abadiânia-P2 apresenta a maior distância entre as demais (0,76), o que faz com que a menor distância dela seja alta com relação às demais procedências, dificultando concluir que todas as procedências dentro do grupo I sejam similares.

3.3.2.1.2. Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

A dissimilaridade entre as 10 procedências de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.), estimada pelo complemento da matriz de dissimilaridade gerada pelo índice de Jaccard, variaram de 0,906 a 0,273, sendo a dissimilaridade de 0,906 para as procedências de Caiapônia e Jataí-P3, consideradas mais divergentes, e a dissimilaridade de 0,273 para as procedências de Rio Verde e Abadiânia, consideradas mais similares. Os resultados encontrados estão coerentes com os encontrados na literatura para espécies do gênero *Campomanesia*, Fagundes et al. (2012), investigando a variabilidade genética de Gabirobeiras (*Campomanesia xanthocarpa*) com marcadores ISSR, constataram valores de dissimilaridade variando de 0,32 a 0,78. Assis et al. (2013), encontraram valores de dissimilaridade para *Campomanesia* spp com base em marcadores RAPD variando de 0,072 a 0,78.

O agrupamento das 10 procedências de Gabirobeiras em relação à dissimilaridade genética, foi feito pelo método de Otimização de Tocher, com base no complemento a matriz de dissimilaridade gerada pelo índice de Jaccard (Tabela 43). As 10 procedências foram divididas em três grupos distintos, de forma que o grupo I teve maior número de procedências (8) e os demais grupos com procedências isoladas.

Tabela 43. Agrupamento pelo método de otimização de Tocher para as 10 procedências de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.) e as menores distâncias com as demais procedências, baseado na matriz de dissimilaridade gerada pelo índice de Jaccard, a partir de marcador molecular ISSR

Grupo	Procedências
I	Rio Verde (0,27) Abadiânia (0,27) Caiapônia (0,31) Mineiros (0,32) Jataí-P1 (0,49) Jataí-P2 (0,51) Serranópolis (0,49) Aporé (0,59)
II	Perolândia (0,66)
III	Jataí-P3 (0,72)

Observa-se que as procedências de Gabirobeiras tiveram maiores distâncias uma em relação às outras em comparação com as procedências de Cajuzinho-do-cerrado. Sendo as maiores distâncias para as procedências de Perolândia (0,66) e Jataí-P3 (0,72), consideradas mais divergentes em relação às demais. Verifica-se uma alta magnitude entre a menor (0,27) e a maior (0,72) distância, não sendo

possível confirmar que as procedências dentro do grupo I são iguais, fato este observado também nas 11 procedências de Cajuzinho-do-cerrado.

Assis et al. (2013) trabalhando com Gabirobeiras, verificaram pelo método de agrupamento Tocher, que as plantas não foram agrupadas de acordo com a localização. O agrupamento demonstrou que os grupos mais divergentes consistiam em plantas-mãe e progênies de locais geograficamente distantes e próximos, demonstrando que a variabilidade genética das plantas é distribuída por toda a área de estudo. Observa-se neste trabalho que as progênies do município de Jataí embora geograficamente próximas, não foram todas incluídas no mesmo grupo, corroborando com o trabalho de Assis et al. (2013).

3.3.2.2. Agrupamento pelo método UPGMA

3.3.2.2.1. Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

O dendrograma foi obtido pelo método de agrupamento UPGMA, a partir das distâncias da matriz de dissimilaridade gerada pelo índice de Jaccard, das 11 procedências de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) (Figura 25).

Procedeu-se a divisão dos grupos próximo a 62% de distância, formando 4 grupos, adotando-se como critério de corte o método proposto por Mojena (1977), baseado no tamanho relativo dos níveis de fusões ou distâncias no dendrograma, tendo uma correlação cofenética de 0,93. Isto indica uma boa correlação, evidenciando uma baixa distorção do dendrograma em relação às distâncias geradas, pois como indica Cruz et al. (2012) essa medida é importante para avaliar a qualidade do dendrograma gerado, possibilitando a validação de inferências por meio da avaliação visual.

Pelo método hierárquico UPGMA percebe-se que as procedências Serranópolis e Mineiros-P1 são as mais similares e Piranhas e Abadiânia-P2 as mais divergentes, tendo concordância ao método de Otimização de Tocher.

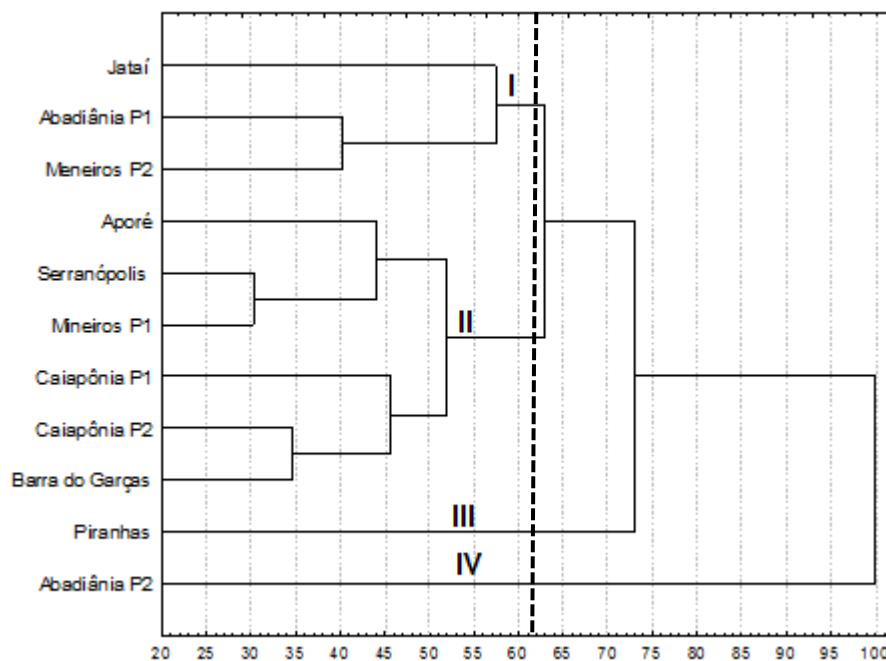


Figura 25. Dendrograma gerado pelo método UPGMA a partir da matriz de dissimilaridade expressa pelo complemento do índice de Jaccard para as 11 procedências de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.), com base em marcador molecular ISSR.

Resultado semelhante foi obtido por Carvalho et al. (2012), em estudo da variabilidade genética de 122 acessos de Cajuzinho-do-cerrado procedentes de 11 municípios do Cerrado de Goiás e Mato Grosso, estimada por meio de marcadores RAPD. Obteve-se a formação de 4 grupos e uma correlação cofenética de 0,91 para o dendrograma.

3.3.2.2.2. Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

O dendrograma foi obtido pelo método de agrupamento UPGMA, a partir das distâncias obtidas pela matriz de dissimilaridade gerada pelo índice de Jaccard, das 10 procedências de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.) (Figura 26). Procedeu-se o a divisão dos grupos próximo a 62% de distância, formando 7 grupos, adotando-se como critério de corte o método proposto por Mojena (1977), tendo uma correlação cofenética de 0,94. Isto indica uma boa correlação, sendo possível fazer inferências pela avaliação visual do dendrograma, fato este também observado para as 11 procedências de Cajuzinho-do-cerrado. De acordo com Monteiro et al. (2010) quanto

mais próximo da unidade, melhor a representação da matriz de dissimilaridade na forma de dendrograma.

Observa-se que as procedências Rio Verde e Abadiânia são mais similares, concordando com o método de Tocher. Em contrapartida verifica-se várias procedências em grupos isolados, mostrando a grande variabilidade genética existente entre as mesmas. Isso é possível de se observar devido à formação mais complexa do método UPGMA em relação ao método de Tocher, referindo-se as menores distâncias, sendo mais criterioso na formação dos grupos (GONÇALVES et al., 2014).

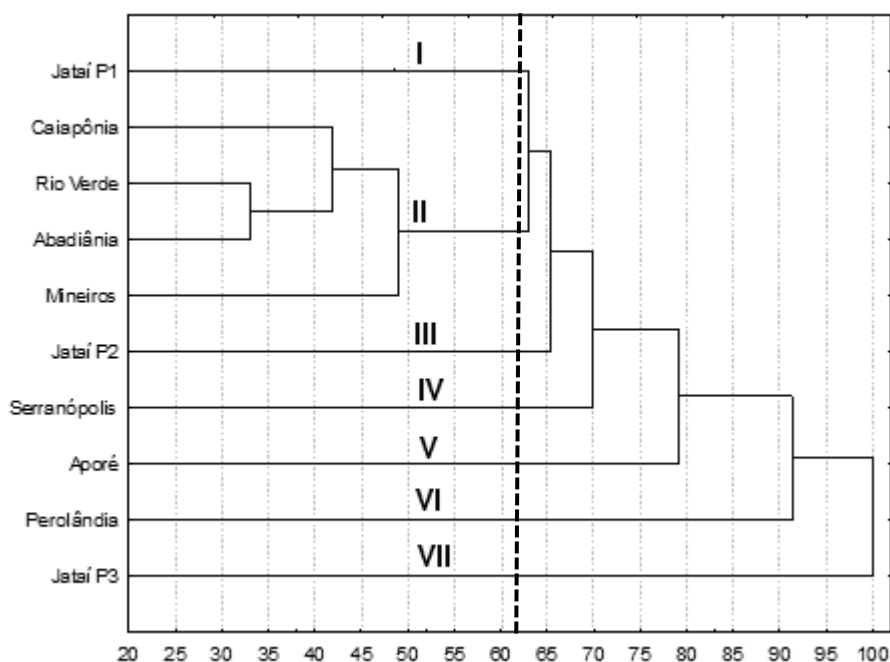


Figura 26. Dendrograma gerado pelo método UPGMA a partir da matriz de dissimilaridade expressa pelo complemento do índice de Jaccard para as 10 procedências de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.), com base em marcador molecular ISSR.

3.3.2.3. Análise de Coordenadas Principais (ACP)

3.3.2.3.1. Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.)

Realizou-se a análise de dispersão gráfica pelo método de coordenadas principais, a fim de avaliar, no plano cartesiano, a variabilidade entre as 11 procedências de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) (Figura 27).

Analisando o gráfico gerado pelos escores das coordenadas principais 1, 2 e 3 observou-se que as procedências ficaram dispersas no espaço tridimensional e que houve um distanciamento genético entre as procedências do mesmo município, por exemplo, as procedências Mineiros-P1 e Mineiros-P2 são do município de Mineiros-GO e ficaram distantes no gráfico, indicando divergência.

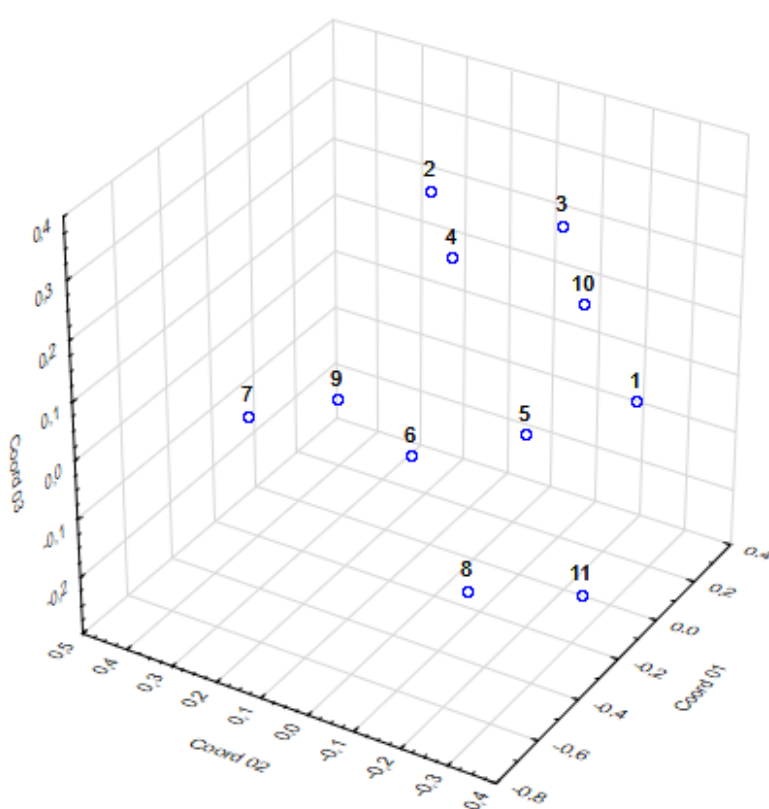


Figura 27. Dispersão gráfica das 11 procedências de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) obtida pelo método de análise das coordenadas principais, a partir da matriz de dissimilaridade gerada através do índice de Jaccard, sendo: ⁽¹⁾ Jataí; ⁽²⁾ Aporé; ⁽³⁾ Serranópolis; ⁽⁴⁾ Caiapônia-P1; ⁽⁵⁾ Caiapônia-P2; ⁽⁶⁾ Barra do Garças; ⁽⁷⁾ Piranhas; ⁽⁸⁾ Abadiânia-P1; ⁽⁹⁾ Abadiânia-P2; ⁽¹⁰⁾ Mineiros-P1; ⁽¹¹⁾ Mineiros-P2.

Em concordância com os métodos de agrupamento, as procedências próximas foram Serranópolis e Mineiros-P1 e Aporé e Caiapônia-P1, e as procedências mais distantes foram Serranópolis-P1 com Mineiros-P2 e Abadiânia-P1.

Observa-se pelos métodos utilizados, que houve alta variabilidade genética entre as procedências de Cajuzinho-do-cerrado de diferentes municípios e entre os mesmos municípios, formando grupos heterogêneos, corroborando com o trabalho de Carvalho et al. (2012).

Carvalho et al. (2012) salientam que estas procedências devem ser mais estudadas, tendo em vista o distanciamento genético dos acessos do mesmo município, o que evidencia maior probabilidade de coletar indivíduos e cobrir com maior facilidade o número possível de alelos da espécie Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.).

Os resultados gerados neste trabalho corroboram com a literatura quando comparados a outros trabalhos com ISSR, como o trabalho Santana et al. (2011) com umbu-cajazeira da família Anacardiaceae, demonstrando a importância desses marcadores na análise de diversidade em espécies pouco estudadas, como o *Anacardium humile* A. St.- Hil..

3.3.2.3.2. Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.)

Para consolidar a evidência de variabilidade entre as 10 procedências de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.), realizou-se a análise de dispersão gráfica pelo método de coordenadas principais em um gráfico tridimensional, a fim de avaliar, no plano cartesiano, a variabilidade entre as 10 procedências de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.) (Figura 28).

Analisando o gráfico gerado pelos escores das coordenadas principais 1, 2 e 3 observou-se que as procedências ficaram dispersas no espaço tridimensional e que houve um maior distanciamento genético entre as procedências Perolândia, Jataí-P3 e Jataí-P2 e uma maior proximidade entre as procedências Rio Verde, Abadiânia e Jataí-P1, corroborando com os métodos de agrupamento utilizados neste trabalho.

Observa-se que tanto para o Cajuzinho-do-cerrado quanto para as Gabirobeiras em ambos os métodos utilizados, houve alta variabilidade genética entre as procedências, formando grupos heterogêneos.

Corroborando com este estudo, Assis (2011) verificou que a técnica de coordenadas principais foi eficiente em verificar a variabilidade dentro de um grupo de 140 matrizes de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.), bem como foi coincidente com os demais métodos de agrupamento utilizados. Resultado semelhante foi observado por Arriel et al. (2006) com genótipos de gergelim.

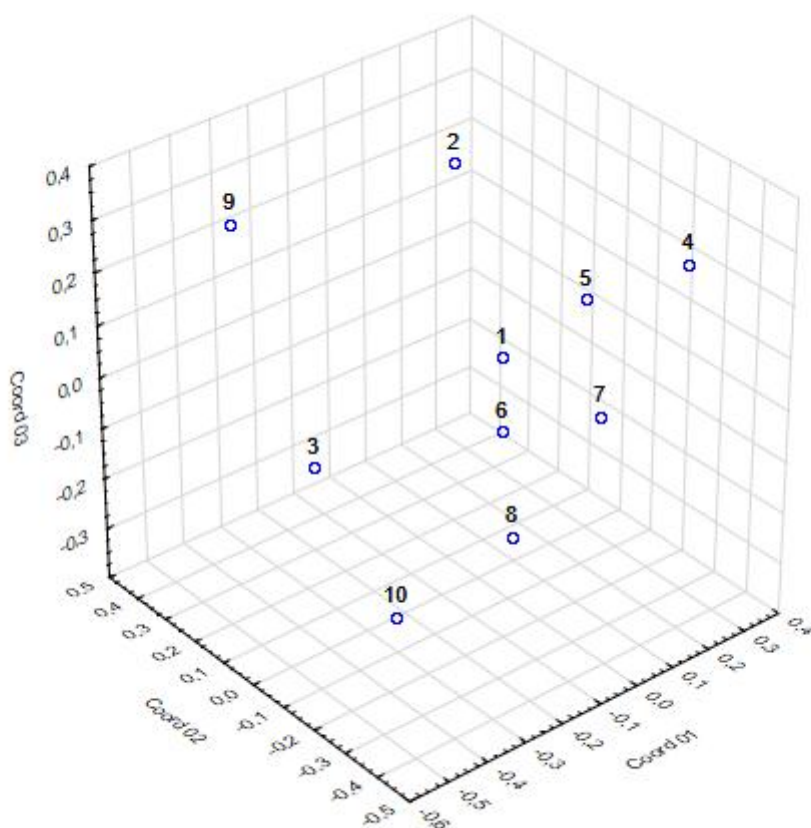


Figura 28. Dispersão gráfica das 10 procedências de Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.) obtida pelo método de análise das coordenadas principais, a partir da matriz de dissimilaridade gerada através do índice de Jaccard, sendo: (1) Jataí-P1; (2) Jataí-P2; (3) Aporé; (4) Serranópolis; (5) Caiapônia; (6) Rio Verde; (7) Abadiânia; (8) Mineiros; (9) Perolândia; (10) Jataí-P3.

3.4. Conclusões

Os marcadores ISSR demonstram eficiência na detecção de polimorfismos moleculares, revelando divergência genética entre procedências de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.) e Gabirobeiras (*Campomanesia* spp.).

As procedências Piranhas e Abadiânia-P2 e Perolândia e Jataí-P3 apresentam maior divergência genética para Cajuzinho-do-cerrado e Gabirobeiras, respectivamente.

As procedências Serranópolis e Mineiros-P1 e Rio Verde e Abadiânia apresentaram maior similaridade genética para Cajuzinho-do-cerrado e Gabirobeiras, respectivamente.

3.5. Referências

- ALMEIDA, S. P., PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998.
- ARCHAK, S.; GAIKWAD, A. B.; GAUTAM, D.; RAO, E. V. V. B.; SWAMY, K. R. M.; KARIHALOO, J. L. Comparative assessment of DNA fingerprinting techniques (RAPD, ISSR and AFLP) for genetic analysis of cashew (*Anacardium occidentale* L.) accessions of India. **Genome**, v. 46, p. 362-369, 2003.
- ARRIEL, N. H. C.; MAURO, A. O.; MAURO, S. M. Z.; BAKKE, O. A.; UNÊDA-TREVISOLI, S. H.; COSTA, M. M.; CAPELOTO, A.; CORRADO, A. R. Técnicas multivariadas na determinação da diversidade genética em gergelim usando marcadores RAPD. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.5, p. 801-809, 2006.
- ASSIS, E. S de; REIS, E. F. dos; PINTO, J. F. N.; DIAS, L. A. S. Genetic diversity of gabioba based on random amplified polymorphic DNA markers and morphological characteristics. **Genetics And Molecular Reserach**, v. 12, n. 3, p.3500-3509, 2013.
- ASSIS, E. S. **Diversidade genética de Gabiobeiras (*Campomanesia spp*) por meio de caracteres morfológicos e marcadores moleculares RAPD**. 2011. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2011.
- BISPO, R. B.; ROSSI, A. A. B.; BISPO, R. B.; BISPO, R. B.; DARDENGO, J. F. E. Análise da diversidade genética de tamarindeiros cultivados em quintais no município de alta floresta, MT por meio de diferentes métodos de agrupamento. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.19; p. 1978-1987, 2014.
- CARVALHO, R. S.; PINTO, J. F. N.; REIS, E. F.; SANTOS, S. C.; DIAS, L. A. S. Variabilidade genética de Cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* St. Hill) por meio de marcadores RAPD. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, n.1, p.227-233, 2012.
- CORRÊA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, Ministério da Agricultura, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1984.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, v. 1 - 4. Ed. - 2012, 514p.
- CRUZ, C.D. GENES – a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. V. 35, n. 3, p.271-276, 2013.
- DANTAS, A. C. A.; NUNES, G. H. S.; ARAÚJO, I. S; ALBUQUERQUE, L. B. Caracterização molecular de acessos de melão coletados no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, n.1, p.183-189, 2012.

FAGUNDES, W. A.; SILVA, L. F.; SILVA, P. R. Genetic variability in *Campomanesia xanthocarpa* accessed by ISSR markers. In: 58º CONGRESSO BRASILEIRO DE GENÉTICA, 58. 2012, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Mmm, 2012. p. 37.

FALEIRO, F. G. **Marcadores genético-moleculares aplicados aos programas de conservação e uso de recursos genéticos**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. 102p.

FALEIRO, F. G.; FALEIRO, A. S. G.; CORDEIRO, M. C. R.; KARIA, C. T. **Metodologia para operacionalizar a extração de DNA de espécies nativas do Cerrado visando a análises moleculares**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2003. 5 p. (Comunicado Técnico, 92).

FERRÃO, M. A. G.; VIEIRA, C.; CRUZ, C. D.; CARDOSO, A. A. Divergência genética em feijoeiro em condições de inverno tropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1089-1098, 2002.

FREITAS, M. L. M.; AUKAR, A. P. de A.; SEBBENN, A. M.; MORAES, M. L. T. de; LEMOS E. G. M. Variabilidade genética intrapopulacional em *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. por marcador AFLP. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 68, p. 21-28, 2005.

GHARIANI, S.; TRIFI-FARAH, N.; CHAKROUN, M.; MARGHALI, S.; MARRAKCHI, M. Genetic diversity in Tunisian perennial ryegrass revealed by ISSR markers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Berlin, v.50, n. 8, p.809-815, 2003.

GONÇALVES, D. L.; AMBROZIO, V. C.; BARELLI, M. A. A. NEVES, L. G.; SOBRINHO, S. P.; LUZ, P. B. da; SILVA, C. R. da. Divergência genética de acessos tradicionais de feijoeiro através de características da semente. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 6, p. 1671-1681, 2014.

GONZÁLEZ, A.; COULSON, M.; BRETTELL, R. Development of DNA markers (ISSRs) in mango. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 575, p. 139-143, 2002.

JACCARD, P. Nouvelles recherches sur la distribution florale. **Bulletin de la Société Vaudense des Sciences Naturelles**, v. 44, p. 223-270, 1908.

LENTE, L. J.; BARELLI, M. A. A.; AMBROZIO, V. C.; SILVA, C. R.; SANTOS, A. A. B. Caracterização Da Divergência Genética da Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) pelo método de agrupamento de Otimização De Tocher In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 5ª. (JC), 2013, Cáceres, MT. **Anais...** Cáceres/MT: Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação - PRPPG, 2013, Vol. 8, p.5.

LORENZONI, R. M.; SOARES, T. C. B; SANTIAGO, V. F.; SILVA, J. A. da; COELHO, R. I. Utilização de marcadores ISSR na avaliação da divergência genética entre acessos de biribazeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, p.251-257, 2014.

MOJENA, R. Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. **The Computer Journal**, Kingston, v. 20, n. 34, p. 359 – 363, 1977.

MONTEIRO, E. R.; BASTOS, E. M.; LOPES, Â. C. A.; GOMES, R. L. F.; NUNES, J. A. R. Diversidade genética entre acessos de espécies cultivadas de pimentas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 2, p. 288-293, 2010.

ROCHA, A.; SALOMÃO, L. C. C.; SALOMÃO, T. M. F.; CRUZ, C. D.; SIQUEIRA, D. L. Genetic diversity of 'Ubá' mango tree using ISSR markers. **Molecular Biotechnology**, Totowa, v.50, n.2, p.108-113, 2012.

ROSSATO, M.; BARBIERI, R. L.; SCHÄFER, A.; ZACARIA, J. Caracterização molecular de populações de palmeiras do gênero *Butia* do Rio Grande do Sul através de marcadores ISSR. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 19, n. 4, p.311-318, 2007.

SANTANA, I. B. B.; OLIVEIRA, E. J. de; SOARES FILHO, W. S.; RITZINGER, R.; AMORIM, E. P.; COSTA, M. A. P. C.; MOREIRA, R. F. C. Variabilidade genética entre acessos de umbu-cajazeira mediante análise de marcadores ISSR. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.3, p.868-876, 2011.

SILVA, B. M. da; ROSSI, A. A. B.; DARDENGO, J. F. E.; ARAUJO, V. A. A. C. de; ROSSI, F. S.; OLIVEIRA, L. O. de; CLARINDO, W. R. Diversidade genética estimada com marcadores entre sequências simples repetidas em cultivos comerciais de Cupuaçuzeiro. **Ciência Rural**, v.46, n.1, p. 108-113, 2016.

UYSAL, H.; YONG-BI, F.; KURT, O.; PETERSON, G. W.; DIEDERICHSEN, A. Genetic diversity of cultivated flax (*Linum usitatissimum* L.) as revealed by ISSR markers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 57, n. 7, p.1109-1119, 2010.

CAPITULO 4 – IMPLICAÇÕES

Os ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado e Gabirobeiras mostraram-se divergentes em relação aos atributos do solo e a análise genética por meio de marcadores moleculares ISSR.

Para o Cajuzinho-do-cerrado os ambientes com maior divergência pelos atributos do solo, estão localizados no município de Caiapônia-GO, solos estes, classificados de textura média e argilosa. As procedências com maior divergência genética são provenientes dos municípios de Piranhas-GO e Abadiânia-GO, sendo solos com textura média e muito argilosa, respectivamente.

Em relação à similaridade, os ambientes com ocorrência de Cajuzinho-do-cerrado localizados nos Municípios de Mineiros, Abadiânia e Jataí, todos no estado de Goiás, estão mais próximos em relação aos atributos do solo, sendo todos de textura muito argilosa. Já geneticamente, as procedências com maior similaridade genética, são dos municípios de Serranópolis-GO e Mineiros-GO, sendo solos, com textura arenosa e muito argilosa, respectivamente.

Para as Gabirobeiras o ambiente Jataí-P3, localizado no município de Jataí-GO possui maior divergência pelos atributos do solo, solo este, classificado como textura arenosa. As procedências Perolândia e Jataí-P3, são provenientes dos municípios de Perolândia-GO e Jataí-GO, possuem maior divergência genética, sendo solos com textura média e muito argilosa, respectivamente. Ou seja, o ambiente Jataí-P3 é divergente pelo os atributos do solo e pela análise genética através de marcadores ISSR.

Em relação à similaridade, os ambientes com ocorrência de Gabirobeiras localizados nos Municípios de Rio Verde e Mineiros, todos no estado de Goiás, estão mais próximos em relação aos atributos do solo, sendo estes de textura muito argilosa. Já geneticamente, as procedências com maior similaridade genética, são dos municípios de Rio Verde-GO e Abadiânia-GO, sendo solos, com textura muito argilosa e argilosa, respectivamente.

Houve alta variabilidade com solos e procedências de diferentes municípios e entre os mesmos municípios, em ambas as espécies, formando grupos heterogêneos.