

[PRODUTO 4.0]

Escalonamento das áreas para recuperação ambiental

Cronograma anual e detalhamento da
proposta técnica de escalonamento da
recuperação ambiental da Bacia do Rio
Doce



Janeiro de 2019

EQUIPE DE TRABALHO DO PROJETO**Equipe da Universidade Federal de Viçosa**

Prof. Silvio Bueno Pereira (*in memorian*) (Departamento de Engenharia Agrícola) - Coordenador Geral

Prof. José Ambrósio Ferreira Neto (Coordenador Geral - Departamento de Economia Rural) - Coordenador Geral

Prof. Demetrius David da Silva (Departamento de Engenharia Agrícola)

Prof. Elpídio Inácio Fernandes Silva (Departamento de Solos e Nutrição de Plantas)

Prof. Gleison Augusto Dos Santos (Departamento de Engenharia Florestal)

Prof. Janderson Damaceno dos Reis (Departamento de Economia Rural)

Arthur Telles Calegario (Departamento de Engenharia Agrícola)

Clívia Dias Coelho (Departamento de Engenharia Agrícola)

Felipe Bernardes Silva (Departamento de Engenharia Agrícola)

Lucas Vieira Silva (Departamento de Solos e Nutrição de Planta)

Raíza Moniz (Departamento de Solos e Nutrição de Planta)

Manuelle Freitas Galvão (Departamento de Economia Rural)

Mariane Paulina Batalha Roque (Departamento de Economia Rural)

Thaís Helena Teixeira (Departamento de Economia Rural)

Equipe da Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Raoni Guerra Lucas Rajão (Escola de Engenharia) – Coordenador geral

Prof. Britaldo Soares Filho (Instituto de Geociências)

Prof. Sonia Ribeiro Carvalho (Instituto de Geociências)

Prof. Marcelo Azevedo Costa (Escola de Engenharia)

Profa. Adriana Monteiro (Instituto de Geociências)

Dr. Felipe Nunes (Escola de Engenharia)

Dr. Camilla Marcolino (Escola de Engenharia)

Dra. Leticia de Lima Santos (Escola de Engenharia)

William Leles (Instituto de Geociências)

José Mário Lobo Ferreira (EMATER)

Caroline Salomão (Instituto de Geociências)

Thomas Rickard (Instituto de Geociências)

Débora Couto de Assis (Instituto de Geociências)

SUMÁRIO

1. Resumo.....	1
2. Introdução.....	2
3. A Estratégia 1 – Modelagem espacialmente explícita	5
3.1. Abordagem Metodológica	5
3.2. Modelagem	9
3.3. Distribuição espacial.....	13
3.4. Distribuição temporal.....	21
4. A Estratégia 2: TI Krenak e assentamentos rurais de reforma agrária.....	23
4.1. Ganho de escala nos resultados	23
4.2. Busca de impacto	27
4.3. Terra indígena e assentamentos rurais nas áreas prioritárias	28
4.3.1. Terra Indígena Krenak	30
4.3.2. Assentamentos de reforma agrária	32
4.3.2.1. Assentamentos rurais em Minas Gerais	32
4.3.3. Assentamentos rurais no Espírito Santo.....	58
5. Referências Bibliográficas	77
Anexo I – Proposta de cronograma de implementação das ações de recuperação ambiental na bacia do rio Doce.	79
Anexo II – Programa Piloto para delineamento das estratégias de campo para implementação das ações de recuperação ambiental na bacia do rio Doce.....	79
Anexo III - Alocação das ações de recuperação ambiental em assentamentos rurais de reforma agrária e Unidades de Gestão, segundo os resultados da modelagem	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Interface gráfica do software Dinamica EGO.....	5
Figura 2 - Esquema de execução das funções Patcher e Expander. Fonte: Soares Filho et al (1998, 2004, 2014, 2018)	6
Figura 3 – Mapa de favorabilidade à regeneração natural na bacia do Rio Doce (P3)	9
Figura 4 - Mapas de Priorização para Regeneração Natural (RN), Plantio total com fins econômicos (SAF) e Plantio total sem fins econômicos (SFE) (P3).....	10
Figura 5 – Classificação das áreas de contribuição dos mananciais alternativos para captação de água superficial a partir do status de implantação informado pela Fundação Renova.	11
Figura 6 – Simulação da alocação da condução da Regeneração Natural (RN)	14
Figura 7 - Simulação da alocação de Plantio total com fins econômicos (SAF).....	16
Figura 8 - Simulação da alocação de Plantio total sem fins econômicos (SFE)	18
Figura 9 - Sobreposição das modalidades de Plantio total sem fins econômicos (SFE) e Plantio total com fins econômicos (SAF).....	21
Figura 10: Condições de regeneração natural na bacia do rio Doce.....	27
Figura 11: Plantio total em SAF na bacia do rio Doce	28
Figura 12: Plantio total sem fins econômicos na bacia do rio Doce.....	28
Figura 13. Perímetro da Terra Indígena Krenak, Resplendor, MG.....	30
Figura 14. Uso do solo, Terra Indígena Krenak, Resplendor, MG	30
Figura 15. Zonas de recarga hídrica, Terra Indígena Krenak, Resplendor, MG	31
Figura 16. Áreas de APP, Terra Indígena Krenak, Resplendor, MG.....	31
Figura 17. Perímetro do PA Belo Monte, Jampruca, MG	32
Figura 18. Uso do solo, PA Belo Monte, Jampruca, MG	33
Figura 19. Zonas de recarga hídrica, PA Belo Monte, Jampruca, MG.	33
Figura 20. Áreas de APP, PA Belo Monte, Jampruca, MG.....	34
Figura 21. Perímetro do PA Cachoeirinha, Tumiritinga, MG.....	34
Figura 22. Uso do solo, PA Cachoeirinha, Tumiritinga, MG	35
Figura 23. Zonas de recarga hídrica, PA Cachoeirinha, Tumiritinga, MG.	35
Figura 24. Áreas de APP, PA Cachoeirinha, Tumiritinga, MG.....	36
Figura 25. Perímetro do PA Egídio Bruneto, Jampruca/Campanário, MG.....	36
Figura 26. Uso do solo, PA Egídio Bruneto, Jampruca/Campanário, MG	37
Figura 27. Zonas de recarga hídrica, PA Egídio Bruneto, Jampruca/Campanário, MG.	37
Figura 28. Áreas de APP, PA Egídio Bruneto, Jampruca/Campanário, MG.....	38
Figura 29. Perímetro do PA Formosa Urupuca, São José da Safira, MG.....	38
Figura 30. Uso do solo, PA Formosa Urupuca, São José da Safira, MG	39
Figura 31. Zonas de recarga hídrica, PA Formosa Urupuca, São José da Safira, MG.	39
Figura 32. Áreas de APP, PA Formosa Urupuca, São José da Safira, MG.....	40
Figura 33. Perímetro do PA Ira Aguiar, Santa Maria do Suaçuí, MG.....	40
Figura 34. Uso do solo, PA Ira Aguiar, Santa Maria do Suaçuí, MG	41
Figura 35. Zonas de recarga hídrica, PA Ira Aguiar, Santa Maria do Suaçuí, MG.	41
Figura 36. Áreas de APP, PA Ira Aguiar, Santa Maria do Suaçuí, MG	42
Figura 37. Perímetro do PA Joaquim Nicolau da Silva, Governador Valadares, MG.....	42
Figura 38. Uso do solo, PA Joaquim Nicolau da Silva, Governador Valadares, MG.....	43

Figura 39. Zonas de recarga hídrica, PA Joaquim Nicolau da Silva, Governador Valadares, MG.	43
Figura 40. Áreas de APP, PA Joaquim Nicolau da Silva, Governador Valadares, MG.....	44
Figura 41. Perímetro do PA Liberdade, Periquito, MG.....	44
Figura 42. Uso do solo, PA Liberdade, Periquito, MG.....	45
Figura 43. Zonas de recarga hídrica, PA Liberdade, Periquito, MG.....	45
Figura 44. Áreas de APP, PA Liberdade, Periquito, MG.....	46
Figura 45. Perímetro do PA Padre Josino, Santa Maria do Suaçuí, MG.....	46
Figura 46. Uso do solo, PA Padre Josino, Santa Maria do Suaçuí, MG.....	47
Figura 47. Zonas de recarga hídrica, PA Padre Josino, Santa Maria do Suaçuí, MG.	47
Figura 48. Áreas de APP, PA Padre Josino, Santa Maria do Suaçuí, MG.....	48
Figura 49. Perímetro do PA Roseli Nunes II, Resplendor, MG.....	48
Figura 50. Uso do solo, PA Roseli Nunes II, Resplendor, MG.....	49
Figura 51. Zonas de recarga hídrica, PA Roseli Nunes II, Resplendor, MG.	49
Figura 52. Áreas de APP, PA Roseli Nunes II, Resplendor, MG.....	50
Figura 53. Perímetro do PA Santa Maria/Monalisa, Jampruca, MG.....	50
Figura 54. Uso do solo, PA Santa Maria/Monalisa, Jampruca, MG.....	51
Figura 55. Zonas de recarga hídrica, PA Santa Maria/Monalisa, Jampruca, MG.....	51
Figura 56. Áreas de APP, PA Santa Maria/Monalisa, Jampruca, MG.....	52
Figura 57. Perímetro do PA Santa Martha, Frei Inocêncio/Jampruca, MG.....	52
Figura 58. Uso do solo, PA Santa Martha, Frei Inocêncio/Jampruca, MG.....	53
Figura 59. Zonas de recarga hídrica, PA Santa Martha, Frei Inocêncio/Jampruca, MG.	53
Figura 60. Áreas de APP, PA Santa Martha, Frei Inocêncio/Jampruca, MG.....	54
Figura 61. Perímetro do PA São Sebastião, Tarumirim, MG.....	54
Figura 62. Uso do solo, PA São Sebastião, Tarumirim, MG.....	55
Figura 63. Zonas de recarga hídrica, PA São Sebastião, Tarumirim, MG.....	55
Figura 64. Áreas de APP, PA São Sebastião, Tarumirim, MG.....	56
Figura 65. Perímetro do PA Ulisses de Oliveira, Jampruca, MG.....	56
Figura 66. Uso do solo, PA Ulisses de Oliveira, Jampruca, MG.....	57
Figura 67. Zonas de recarga hídrica, PA Ulisses de Oliveira, Jampruca, MG.....	57
Figura 68. Áreas de APP, PA Ulisses de Oliveira, Jampruca, MG.	58
Figura 69. Perímetro PA Beija Flor, Alto Rio Novo, ES.....	58
Figura 70. Uso do solo, PA Beija Flor, Alto Rio Novo, ES.....	59
Figura 71. Zonas de recarga, PA Beija Flor, Alto Rio Novo, ES.....	59
Figura 72. Áreas de APP, PA Beija Flor, Alto Rio Novo, ES.....	60
Figura 73. Perímetro PA Boa Esperança, Alto Rio Novo, ES.....	60
Figura 74. Uso do Solo, PA Boa Esperança, Alto Rio Novo, ES.....	61
Figura 75. Zonas de recarga, PA Boa Esperança, Alto Rio Novo, ES.....	61
Figura 76. Áreas de APP, PA Boa Esperança, Alto Rio Novo, ES.....	62
Figura 77. Perímetro PA Laje, Alto Rio Novo, Pancas, ES.....	62
Figura 78. Uso do solo, PA Laje, Alto Rio Novo, ES.....	63
Figura 79. Zonas de recarga, PA Laje, Alto Rio Novo, ES.....	63
Figura 80. Áreas de APP, PA Laje, Alto Rio Novo, ES.....	64
Figura 81. Perímetro PA Madre Cristina, Pancas, ES.....	64
Figura 82. Uso do solo, PA Madre Cristina, Pancas, ES.....	65

Figura 83. Zonas de recarga, PA Madre Cristina, Pancas, ES.....	65
Figura 84. Áreas de APP, PA Madre Cristina, Pancas, ES	66
Figura 85. Perímetro PA Margarida Alves, Pancas, ES.....	66
Figura 86. Uso do solo, PA Margarida Alves, Pancas, ES	67
Figura 87. Zonas de recarga, PA Margarida Alves, Pancas, ES	67
Figura 88. Áreas de APP, PA Margarida Alves, Pancas, ES.....	68
Figura 89. Perímetro PA Matutina, Laranja da Terra, ES	68
Figura 90. Uso do solo, PA Matutina, Laranja da Terra, ES.....	69
Figura 91. Zonas de recarga, PA Matutina, Laranja da Terra, ES.....	69
Figura 92. Áreas de APP, PA Matutina, Laranja da Terra, ES.....	70
Figura 93. Perímetro PA Padre Pedro, Mantenópolis, ES	70
Figura 94. Uso do Solo, PA Padre Pedro, Mantenópolis, ES.....	71
Figura 95. Zonas de recarga, PA Padre Pedro, Mantenópolis, ES.....	71
Figura 96. Áreas de APP, PA Padre Pedro, Mantenópolis, ES	72
Figura 97. Perímetro PA Rosa de Saron, Águia Branca, ES.....	72
Figura 98. Uso do solo, PA Rosa de Saron, Águia Branca, ES	73
Figura 99. Zonas de recarga, PA Rosa de Saron, Águia Branca, ES	73
Figura 100. Áreas de APP, PA Rosa de Saron, Águia Branca, ES	74
Figura 101. Perímetro PA Tomazzini, Santa Tereza, ES	74
Figura 102. Uso do solo, PA Tomazzini, Santa Tereza, ES.....	75
Figura 103. Zona de recarga, PA Tomazzini, Santa Tereza, ES	75
Figura 104. Áreas de APP, PA Tomazzini, Santa Tereza, ES.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros utilizados para simulação de manchas de restauração na bacia do Rio Doce....	8
Tabela 2- Categorias atribuídas aos mananciais alternativos e suas áreas de contribuição (sub-bacias).	12
Tabela 3 – Pesos atribuídos às áreas de contribuição dos mananciais alternativos de captação superficial.....	13
Tabela 4 – Alocação da recuperação na modalidade de condução da regeneração natural	15
Tabela 5 - Alocação da recuperação na modalidade de condução da regeneração natural em unidades de conservação, terras indígenas e assentamentos de reforma agrária	15
Tabela 6- Alocação da modalidade de condução da regeneração natural para os mananciais alternativos escolhidos	15
Tabela 7 – Alocação da recuperação na modalidade de Plantio total com fins econômicos (SAF).....	16
Tabela 8 - Alocação da recuperação na modalidade de Plantio total com fins econômicos (SAF) em unidades de conservação, terras indígenas e assentamentos de reforma agrária	17
Tabela 9 - Alocação da modalidade de Plantio total com fins econômicos (SAF) nos mananciais alternativos escolhidos	17
Tabela 10 - Alocação da recuperação na modalidade de Plantio total sem fins econômicos (SFE)	18
Tabela 11 - Alocação da recuperação na modalidade de Plantio total sem fins econômicos (SFE) em unidades de conservação, terras indígenas e assentamentos de reforma agrária	19
Tabela 12 - Alocação da modalidade de Plantio total sem fins econômicos (SFE) nos mananciais alternativos escolhidos	19
Tabela 13 – Alocação da recuperação ambiental considerando as diferentes modalidades simuladas	19
Tabela 14 – Alocação da recuperação nos mananciais alternativos considerando as diferentes modalidades simuladas.....	20
Tabela 15 - Alocação da recuperação considerando a sobreposição de plantios com e sem fins econômicos.....	20
Tabela 16 - Proposta de cronograma de implementação considerando os dois objetivos e as áreas prioritárias.....	22
Tabela 17. Área total, áreas de preservação permanente e áreas de recarga nos assentamentos rurais de reforma agrária e terras indígenas dentro do recorte prioritário para recuperação ambiental na bacia do rio Doce.....	26
Tabela A1 - Alocação da restauração nos mananciais alternativos por modalidade de recuperação ambiental	79
Tabela A2 - Programa piloto de preparação para as ações de restauração a ser realizado em 2019 ..	79
Tabela A3 - Alocação da modalidade de condução da regeneração natural em assentamentos rurais de reforma agrária	79
Tabela A4 - Alocação da modalidade de condução da regeneração natural por unidades de gestão .	80
Tabela A5 - Alocação da modalidade de plantio total com fins econômicos em assentamentos rurais	80
Tabela A6 - Alocação da modalidade de plantio total com fins econômicos por unidades de gestão .	80
Tabela A7 - Alocação da modalidade de plantio total sem fins econômicos por unidades de gestão .	81
Tabela A8 - Alocação das modalidades de recuperação ambiental por unidades de gestão.....	81

1. Resumo

Este relatório apresenta de forma clara e objetiva a metodologia e os resultados do Produto 4 (P4) do Termo de Referência (TdR) para “Definição de Critérios de Priorização de Áreas para Recuperação Ambiental na Bacia do Rio Doce (versão 4, de 08/09/2016), entre a Fundação Renova, a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e a Universidade Federal de Viçosa (UFV). O TdR define o P4 da seguinte forma: *“Proposta técnica de escalonamento das áreas a serem recuperadas, diferenciando as áreas de reflorestamento e de regeneração natural, com cronograma anual, conforme priorização identificada e os limites definidos na Cláusula 161 do TTAC, mantendo a proporcionalidade ali prevista.”* Desse modo, como o próprio TdR delimita, apresenta-se aqui uma “proposta técnica” delineada de acordo com critérios técnicos e ponderações de ordem administrativa e institucional. Assim, trata-se de uma metodologia para escalonamento espaço-temporal e uma proposta de intervenção segundo os critérios de priorização estabelecidos pelo Produto 3.2 (veja baixo), e parâmetros que buscam refletir a importância relativa entre mananciais alternativos com obras de captação de água em diferentes estágios, conforme dispõe a Cláusula 171 do TTAC (<http://www.ibama.gov.br/cif/ttac>).

Recomenda-se a leitura e análise deste relatório em conjunto com os relatórios dos produtos já entregues, em especial:

Produto 3.1 - Levantamento e revisão de bibliografia, nacional e internacional, relacionados a: (a) métodos de identificação de áreas de vulnerabilidade e sensibilidade ambiental, e (b) critérios de priorização adotados em situações similares de acidentes ambientais ou desastres naturais ocorridos nos últimos 10 anos;

Produto 3.2 - Metodologia de priorização: definição de critérios de priorização de áreas para recuperação ambiental na bacia do Rio Doce; e

Produto 3.3 - Levantamento das principais fontes de degradação da bacia do Rio Doce, notadamente aquelas relacionadas diretamente com a qualidade e quantidade da água, a conservação do solo e a paisagem.

2. Introdução

No campo das ciências ambientais, o uso de modelos para avaliação de intervenções na paisagem e apoio à tomada de decisão tem ganhado cada vez mais espaço (Harfoot et al., 2014; Farmer et al., 2015; Hackett e Moxnes, 2015). O amplo espectro de ferramentas desenvolvidas varia de modelos de complexidade reduzida a modelos que incluem o maior número de elementos e interações que os recursos computacionais permitem processar (Verburg et al., 2015). Diferentes abordagens como os modelos baseados em agentes (Farmer e Foley, 2009; Morgan e Daigneault, 2015), equilíbrio geral computável (Timilsina e Mevel, 2013; Suttles et al., 2014), e autômatos celulares (Rodrigues e Soares-Filho, 2018; Soares-Filho et al., 2013; Gaudreau et al., 2016) tem se destacado na produção de conhecimento relevante para as agendas socioambientais, como no caso das ações de restauração florestal.

Nas últimas décadas houve um expressivo avanço nas simulações de fatores socioeconômicos e ambientais por meio da integração de diferentes disciplinas (por exemplo, engenharia agrícola, ecologia, sociologia, hidrologia, economia e climatologia), reforçando o papel da modelagem como instrumento científico. Na escala global, os modelos de avaliação integrada (Rana e Morita, 2000; Schwanitz, 2013) dominam os estudos científicos exploratórios de sistemas sociais e ecológicos, sendo largamente utilizados para simular trajetórias futuras e avaliar políticas em larga escala (Verburg et al., 2015). No entanto, em escalas regionais, como no caso da implementação de metas de restauração florestal na bacia do Rio Doce, esses modelos não estão configurados para capturar e representar as dinâmicas e processos locais.

Nesse contexto, e principalmente em razão dos raros estudos e modelos quantitativos na escala da paisagem (Vogler et al., 2015; Nunes et al., 2017), um modelo de otimização foi elaborado para escalonamento das ações de restauração em áreas prioritárias previamente definidas na bacia. O estudo visa fornecer aos profissionais responsáveis pelo planejamento da restauração e demais atores interessados, entendimento espacialmente explícito da magnitude do esforço necessário para promoção da restauração em larga escala, considerando minimamente as metas estabelecidas no TTAC. Adicionalmente, representa um esforço inédito para realizar o escalonamento da restauração em imóveis rurais públicos e privados, tendo como unidade de análise a bacia hidrográfica do Rio Doce e suas subdivisões (Ottobacias nível 6).

Para fins deste estudo, entende-se escalonamento (em inglês, *scheduling*) como a distribuição temporal e espacial de no mínimo 40.000 (quarenta mil) hectares de recuperação ambiental definidos na Cláusula 161 do TTAC. Sendo assim, o P4 adota critérios alinhados com a metodologia de priorização estabelecida no P3 (Produto 3.2) e aprovada pelo Comitê Interfederativo (CIF).

Além disso, o escalonamento deve ser realizado no âmbito do “Programa de recuperação das áreas de Preservação Permanentes (APP) e áreas de recarga da Bacia do Rio Doce com controle de processos erosivos”, de acordo com as medidas e requisitos de cunho compensatório definidos no TTAC. Dentre estes requisitos, cabe mencionar que as áreas de intervenção devem ser localizadas “preferencialmente, mas não se limitando, nas sub-bacias dos rios definidos como fonte de abastecimento alternativa” para as localidades diretamente atingidas pelo rompimento da barragem e Fundão (Cláusula 161).

À luz deste enquadramento, a elaboração de uma proposta técnica de escalonamento implica em criar inteligência territorial capaz de distribuir e alocar eficientemente as três diferentes modalidades de recuperação na bacia previamente definidas no P3, a saber: 1) condução da regeneração natural, 2) plantio total sem fins econômicos e 3) plantio total com fins econômicos (sistemas agroflorestais).

A partir do escalonamento será possível estimar onde e quando a implementação das ações pode gerar maiores benefícios para a população residente na bacia, com foco na melhoria da disponibilidade hídrica, conforme preconiza o TTAC. É importante destacar que são múltiplos os benefícios da restauração florestal, no entanto, em relação à disponibilidade hídrica, é particularmente importante compreender quando e por que a restauração florestal pode estar associada a resultados positivos, evitando consequências não intencionais (Filoso et al., 2017; Rodrigues et al., 2011; Rodrigues et al., 2009; Root-Bernstein et al., 2017).

Levando em consideração que problemas complexos demandam soluções igualmente complexas, o escalonamento das ações de recuperação ambiental, ora apresentado, fundamenta-se em duas estratégias integradas e complementares. A primeira baseia-se na modelagem espacialmente explícita a partir das intervenções realizadas pela Fundação Renova nas otobacias do recorte prioritário visando o abastecimento de água nas comunidades afetadas pelo acidente. A segunda estratégia, por sua vez, utiliza como critério de referência os arranjos territoriais coletivos existentes no recorte prioritário e foca as ações na Terra Indígena Krenak e em assentamentos

rurais de reforma agrária, utilizando como referência os elementos de Vulnerabilidade Ambiental, Vulnerabilidade Social e Vocação à Recuperação delineados no P3.

Ainda que exista necessidade de melhor compreender os processos ecológicos e hidrológicos locais envolvidos, sabe-se que a regularização da vazão hídrica e a capacidade de infiltração da água no solo está diretamente associada ao padrão espacial das áreas a serem restauradas (áreas de preservação permanente - APP e zonas de recarga degradadas) (Filoso et al., 2017). Consequentemente, é importante considerar a estrutura e dinâmica das áreas (manchas) de restauração na paisagem para que estas sejam apropriadas não só para atingir o resultado almejado, mas para que influenciem positivamente na disponibilidade hídrica local e regionalmente. Assim, para que a restauração na bacia possa ser diretamente associada à melhoria da disponibilidade hídrica, princípios básicos devem ser atendidos, como por exemplo, as ações devem ser de certa forma agregadas espacialmente para que se ganhe escala e não se tornem iniciativas pulverizadas.

Nesse sentido, a modelagem espacialmente explícita aqui proposta, bem como o a utilizam de arranjos territoriais coletivos já existentes na bacia e que cumprem relevantes funções ambientais e sociais na região, podem auxiliar a projetar onde e quando a restauração pode maximizar benefícios pretendidos, tendo como base a priorização definida pelo P3. O modelo de modelagem foi configurado para utilizar parâmetros que representam o nível de concentração espacial de restauração desejado, assim como a importância relativa dos mananciais alternativos com obras de captação de água e suas áreas de contribuição (sub-bacias), conforme previsto na Cláusula 171 do TTAC. Do mesmo modo a opção por ações em Terras Indígenas e assentamentos rurais de reforma agrária possibilita ganhos de escala em termos do processo de negociação como os proprietários e prioriza as áreas que, mantendo o que foi disposto no TTAC a respeito do recorte prioritário para intervenção, são as de maior vulnerabilidade ambiental e social. A seguir são apresentados a metodologia e os resultados das simulações realizadas.

3. A Estratégia 1 – Modelagem espacialmente explícita

3.1. Abordagem Metodológica

O modelo de simulação foi desenvolvido no software DINAMICA EGO, que consiste em uma plataforma sofisticada para modelagem que pode ser utilizada para construção desde modelos muito simples a modelos dinâmicos complexos, que podem envolver iterações aninhadas, multi-transições, retroalimentações dinâmicas, abordagens multiregião, processos decisórios para bifurcação e execução, e uma série de algoritmos espaciais para a análise e simulação de fenômenos espaciais (veja mais detalhes em <http://www.CSR.UFMG.br/dinamica/DokuWiki/doku.php>).

A interface gráfica permite a elaboração de um modelo arrastando e conectando os operadores que executam cálculos sobre vários tipos de dados, como constantes, matrizes, tabelas e mapas em formato matricial. A interface permite ainda que os modelos sejam projetados, verificados e utilizados pelos usuários para visualização tanto dos algoritmos utilizados quanto dos resultados simulados (Figura 1).

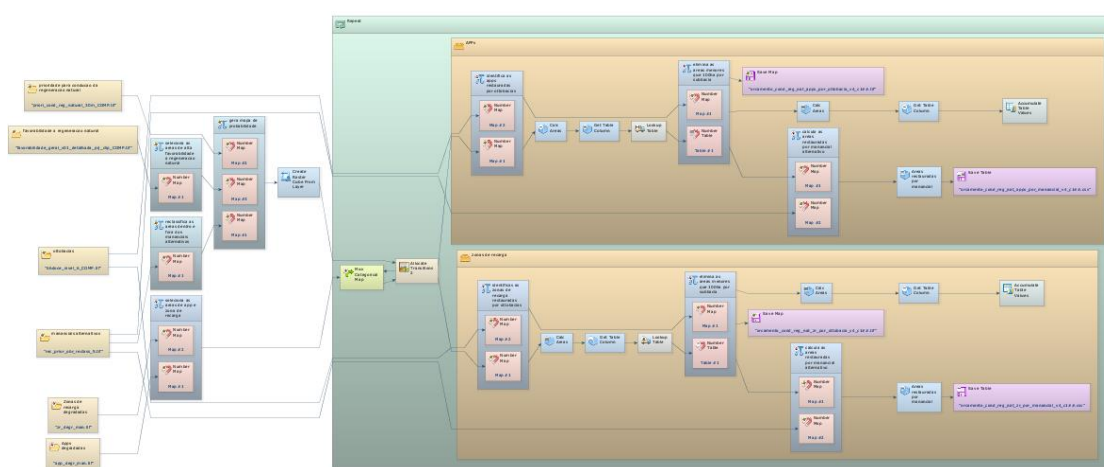


Figura 1 - Interface gráfica do software Dinamica EGO.

Uma questão relevante a ser considerada para as simulações pretendidas é a influência do padrão espacial das áreas alvo das intervenções (APPs e zonas de recarga e sua vizinhança), na distribuição das metas definidas no TTAC, e conseqüentemente, na estrutura e dinâmica das manchas de restauração a serem implementadas. Assim, para se identificar quais as áreas prioritárias (considerando a influência do padrão espacial) têm maior favorabilidade de serem restauradas, foram utilizados algoritmos específicos de alocação espacial, que operacionalizam a seleção de células (pixels) e a alocação de transições (mudança de estado de não recuperação para o estado de

recuperação florestal) em dois processos (https://csr.ufmg.br/dinamica/dokuwiki/doku.php?id=patterns_of_change). O primeiro processo usa um algoritmo denominado “Patcher” para “criar” manchas onde se estima existir maior probabilidade (favorabilidade) de transição para restauração florestal. Por sua vez, o segundo processo é dedicado à expansão das manchas de restauração simuladas anteriormente realizadas pelo algoritmo “Expander”. A combinação dos dois processos é mostrada na equação abaixo:

$$Q_{ij} = r * (\text{função “Expander”}) + s * (\text{função “Patcher”}) \quad (\text{equação 1})$$

Onde Q_{ij} significa a quantidade total de transições do tipo ij (APPs e zonas de recarga sem vegetação nativa para restauração florestal) especificado para um determinado passo ou rodada do modelo e, r e s representam respectivamente a porcentagem de transições executadas por cada função, sendo $r + s = 1$.

A Figura 2 apresenta de forma esquemática a lógica de execução das funções. Variando as proporções de transição executadas pelas duas funções, as saídas da simulação podem ser ajustadas buscando-se um padrão espacial médio esperado das manchas desejadas (por exemplo, o tamanho médio e o nível de agregação das ações de restauração). Ambas as funções acima empregam um mecanismo de seleção estocástico.

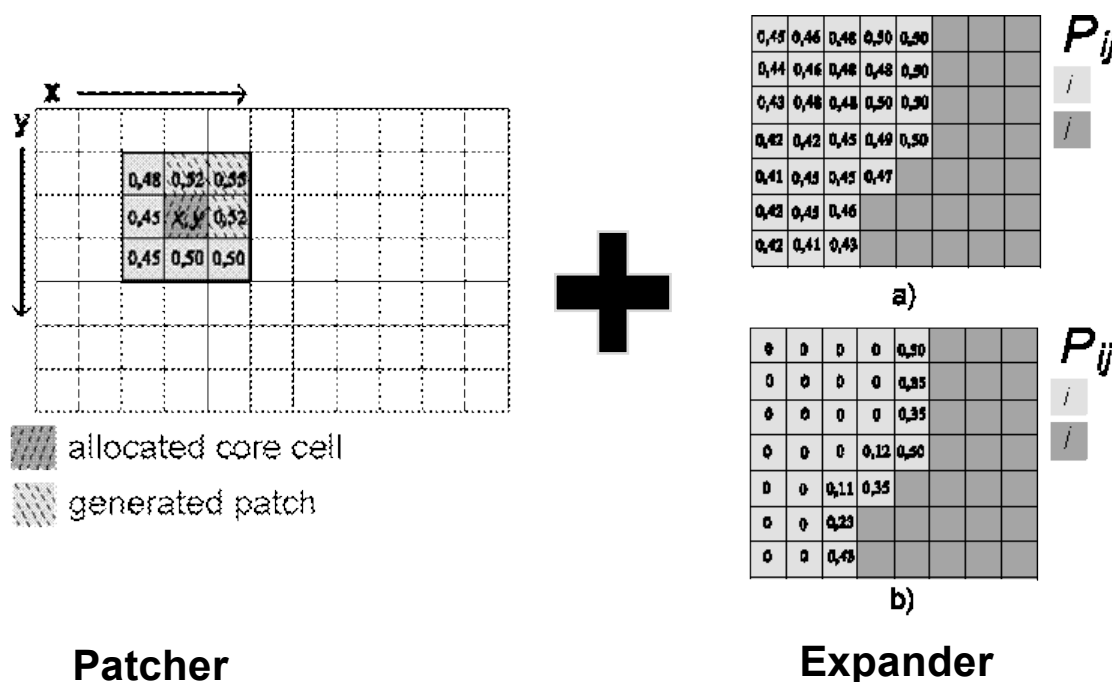


Figura 2 - Esquema de execução das funções Patcher e Expander. Fonte: Soares Filho et al (1998, 2004, 2014, 2018)

A modelagem consiste em primeiro “ler” o mapa de uso da terra para “coletar” as células classificadas como APPs ou zonas de recarga degradadas, com altos índices de priorização para recuperação ambiental previamente calculadas (definidas no P3) e ordená-las em um vetor de dados. Em sequência, a seleção de células ocorre aleatoriamente de cima para baixo (o mecanismo de escolha estocástico interno), armazenando os locais das células selecionadas. Em um segundo passo, o mapa é novamente escaneado para executar as transições selecionadas. Dessa forma, tem-se a garantia de que não haverá viés na “leitura” do mapa, que é sempre feita sequencialmente a partir do canto superior esquerdo da imagem. Os procedimentos descritos acima são usados em ambas as funções de transição.

Para cada função, o número de iterações necessárias para realizar a quantidade de transições especificadas é calculado. No caso da função “*Expander*” não perceber a quantidade de transições desejadas após um número limitado de iterações, ela passa para a função “*Patcher*” um número residual de transições, de modo que o número total de transições sempre atinja um valor esperado (minimamente 40 mil hectares para a bacia).

O algoritmo “*Expander*” é executado pela seguinte equação:

$$\text{Se } n_j = 4 \text{ então } P'(ij)(xy) = P(ij)(xy) + P'(ij)(xy) * (n_j) / 5 \quad (\text{equação 2})$$

Onde n_j corresponde à quantidade de células do tipo j ocorrendo em uma janela 3 X 3. Esse método garante que o P_{ij} máximo será o P_{ij} original, sempre que um tipo de célula i estiver cercado por pelo menos 50% das células vizinhas do tipo j .

Por sua vez, a função “*Patcher*” visa reproduzir a estrutura da paisagem atual, impedindo a formação de pequenas manchas de células únicas, que provavelmente ocorreriam se apenas um processo de alocação simples fosse usado. Desse modo, a proposta de escalonamento gera áreas com um tamanho mínimo para que se possa atingir os objetivos de melhoria da disponibilidade hídrica pretendida. Essa função emprega um dispositivo que “procura” células em torno de um local escolhido para uma determinada transição (APP degradada para APP de restauração, por exemplo). Isso é feito, primeiro, elegendo a célula central da nova mancha de restauração e, em seguida, selecionando um número específico de células ao redor da célula central para a transição de acordo com sua favorabilidade de transição P_{ij} (mapa de priorização para recuperação ambiental – P3). Como exemplo da aplicação desta função, os novos

fragmentos de restauração produzidos podem ser configurados para terem em média uma área equivalente a um projeto individual de restauração com cerca de 50 hectares.

Em cada fase da simulação, a porcentagem da quantidade de transições é definida para cada uma das funções acima. No entanto, para evitar “loops” infinitos, é especificado um número máximo de iterações para a função “Expander”. O número de células onde ocorreu mudança com sucesso é subtraído do número total desejado e o restante é passado para a função seguinte.

Para calibração do modelo, foram utilizados os parâmetros de formação e percentual de expansão, o tamanho médio, a variância e a isometria das manchas de restauração (Tabela 1). Esses valores foram definidos pela equipe de pesquisadores das universidades em articulação com os técnicos responsáveis pelo planejamento da restauração da Fundação Renova.

Tabela 1 - Parâmetros utilizados para simulação de manchas de restauração na bacia do Rio Doce

Porcentagem de formação de novas manchas (%)	Porcentagem de expansão de manchas simuladas (%)	Tamanho médio da mancha (ha)	Varição do tamanho médio da mancha (ha)	Isometria da mancha (ha)
50	50	50	25	10

Para simulação da quantidade de transições para restauração, as funções *patcher* e *expander* foram calibradas para alocar um montante de cerca de 2 a 2,5 vezes as metas de condução da regeneração natural e reflorestamento (plantios) conforme estabelecido no TTAC, 30 mil hectares e 10 mil hectares respectivamente. Cabe destacar que o modelo foi configurado para somente alocar áreas de restauração na modalidade condução da regeneração natural nas áreas com alta favorabilidade à regeneração natural (Figura 3). Ao contrário, para a modalidade de reflorestamento (plantio de espécies nativas ou sistemas agroflorestais), somente são alocadas áreas para restauração considerando as células com baixa favorabilidade à regeneração natural.

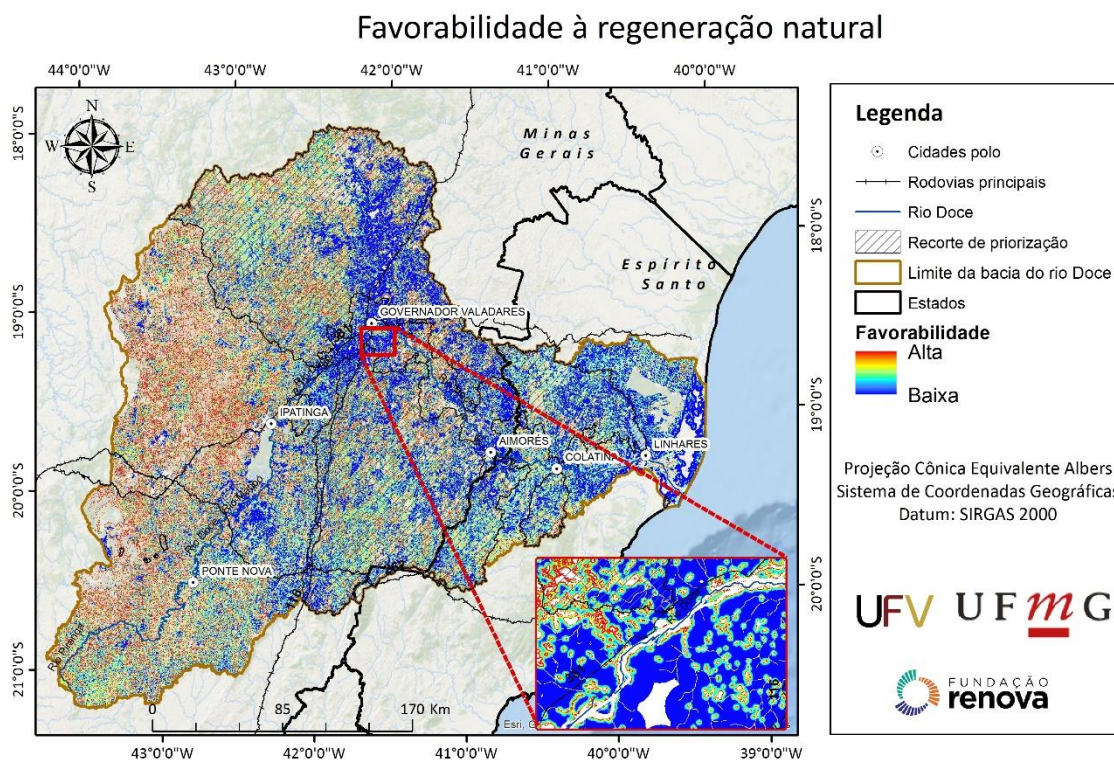


Figura 3 – Mapa de favorabilidade à regeneração natural na bacia do Rio Doce (P3)

Adicionalmente, o modelo considera um valor mínimo de 100 hectares para agregação da alocação da restauração considerando como unidade de análise a sub-bacia hidrográfica (Ottobacias nível 6) (ANA, 2012). As áreas de restauração abaixo deste limiar são removidas do mapa final. Esta abordagem busca representar a necessidade de haver uma concentração espacial mínima para que seja atingido um ganho de escala das intervenções, partindo do pressuposto de que este escalonamento poderá resultar em menores custos de intervenção (logística, etc.), e maior efetividade em termos de qualidade ambiental das sub-bacias.

3.2. Modelagem

A fim de oferecer alternativas e auxiliar a tomada de decisão foram realizadas simulações tendo como alvo, tanto as APPs quanto as zonas de recarga, considerando as diferentes modalidades de recuperação ambiental definidas no P3. Basicamente, o modelo busca representar diferentes opções de escalonamento por modalidade a partir da 1) priorização definida pelo P3; 2) localização das áreas de APP e zonas de recarga nas sub-bacias dos mananciais alternativos de 24 localidades conforme a Cláusula 171 do TTAC (Figura 4); e 3) situação da implantação das captações alternativas (Figura 4).

O ponto de partida é a priorização espacialmente explícita definida pelo P3, no nível do pixel com resolução de 30 metros, aproximadamente 10.000m², para as três modalidades de restauração: plantio total sem fins econômicos, plantio total com fins econômicos e condução da regeneração natural (veja Figura abaixo).

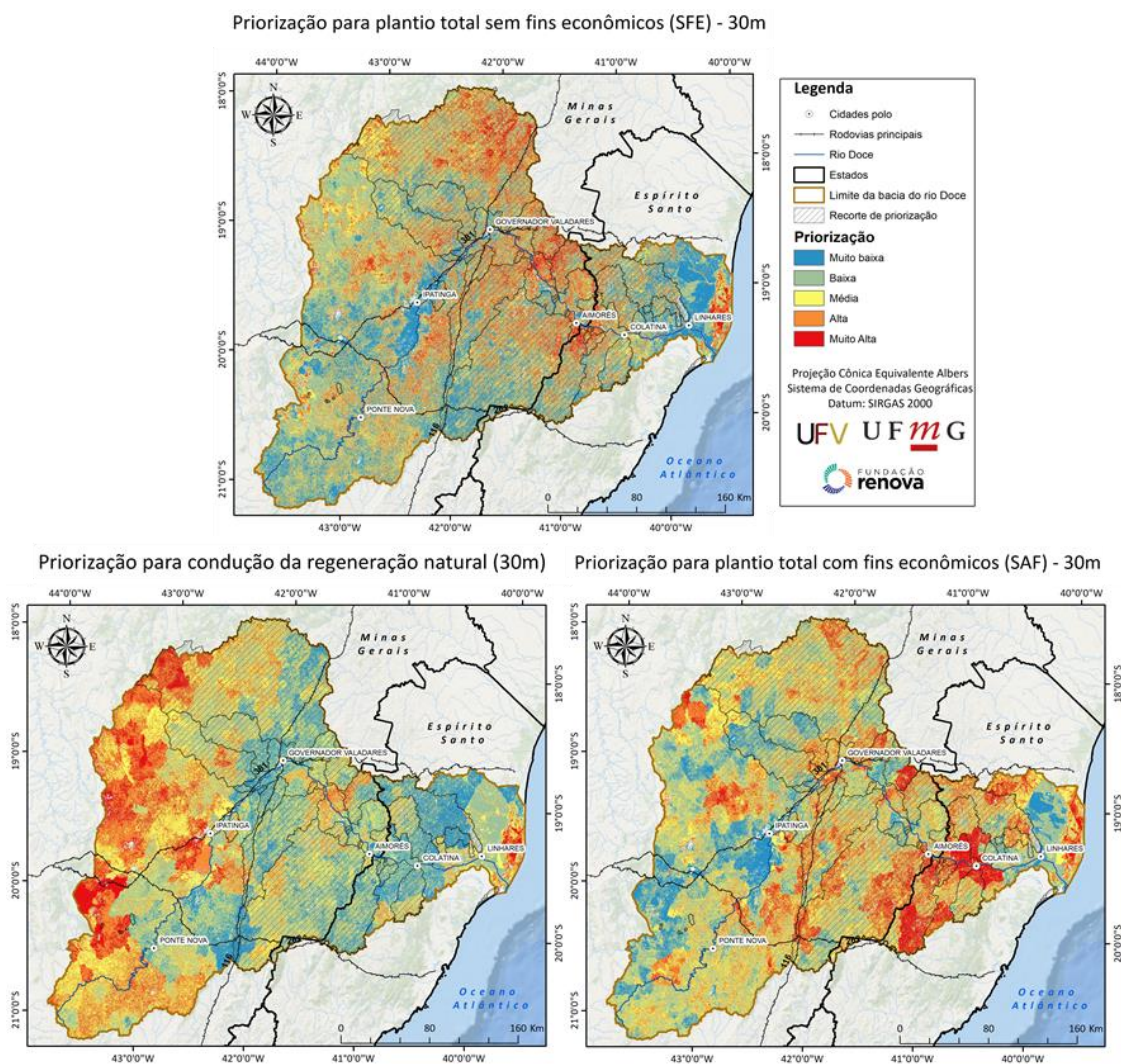


Figura 4 - Mapas de Priorização para Regeneração Natural (RN), Plantio total com fins econômicos (SAF) e Plantio total sem fins econômicos (SFE) (P3).

As informações sobre os mananciais alternativos para captação e suas sub-bacias, conforme previsto na Cláusula 171 do TTAC, provêm do estudo de qualidade da água realizado pela NHC e RHAMA (ver relatório P3.2 para maiores detalhes). Esses mananciais foram classificados de acordo com situação de implantação das obras repassada pela Fundação Renova. Destaca-se que a definição do manancial a ser implantado é do município e/ou da concessionária operante, portanto, não necessariamente a escolha apontada pelo estudo realizado será a primeira opção de manancial. Nesse sentido, os mananciais foram classificados em duas categorias:

“Escolhidos” e “Não escolhidos”. O grupo “Escolhidos” contempla os mananciais que tiveram suas obras iniciadas ou possuem cronograma de intervenção determinado. Por sua vez, o grupo “Não escolhidos” são aqueles que não foram selecionados pelo município e/ou concessionária. A maior parte das localidades não escolhidas se refere a situações onde a Fundação Renova, juntamente com o CIF e os atores locais, decidiram por implementarem poços ao invés de captações de águas superficiais. Os mananciais enquadrados nas diferentes categorias podem ser visualizados abaixo.

SITUAÇÃO DE IMPLANTAÇÃO DAS CAPTAÇÕES ALTERNATIVAS

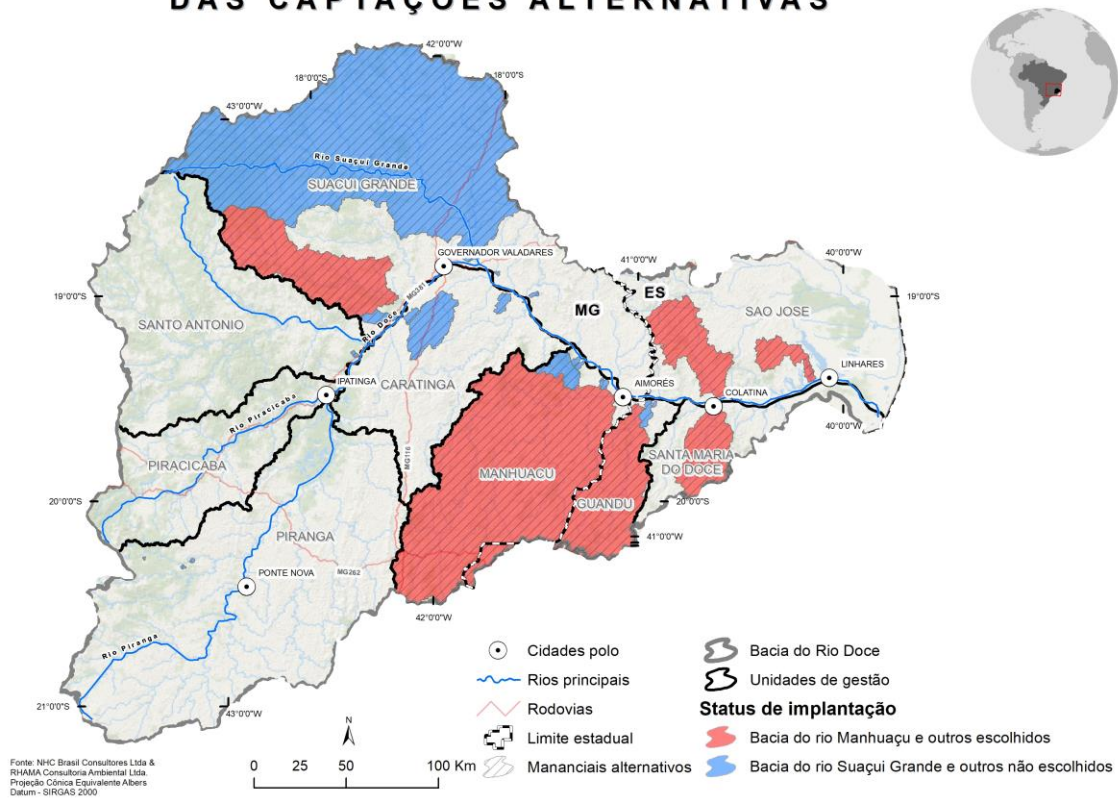


Figura 5 – Classificação das áreas de contribuição dos mananciais alternativos para captação de água superficial a partir do status de implantação informado pela Fundação Renova.

Tabela 2- Categorias atribuídas aos mananciais alternativos e suas áreas de contribuição (sub-bacias).

MANANCIAIS ALTERNATIVOS ESCOLHIDOS			
Unidade de Gestão	Mananciais Alternativos escolhidos	Municípios	Localidade
Guandu	Rio Guandu	Baixo Guandu	Sede
Manhuaçu	Rio Manhuaçu	Aimorés	Santo Antônio do Rio Doce
Santa Maria do Doce	Rio Santa Maria do Rio Doce	Colatina	Sede (Sul)
São José	Lagoa Nova	Linhares	Sede
	Rio Pancas	Colatina	Sede (Norte)
Suaçuí Grande	Rio Corrente Grande	Governador Valadares	Sede

MANANCIAIS ALTERNATIVOS NÃO ESCOLHIDOS			
Unidade de Gestão	Mananciais Alternativos NÃO escolhidos	Municípios	Localidade
	Córrego da Capivara	Tumiritinga	Sede
			São Tome do Rio Doce
Caratinga	Córrego Poço Dantas	Tumiritinga	Doce
	Córrego Preto	Fernandes Tourinho	Senhora da Penha
	Ribeirão Traíra	Alpercata	Sede
Guandu	Córrego Água Limpa	Baixo Guandu	Sede
	Córrego Olofote	Baixo Guandu	Mascarenhas
	Córrego Barroso	Resplendor	Sede
	Córrego do Barata	Itueta	Sede
Manhuaçu	Córrego Quatisinho	Itueta	Sede
	Córrego Santana	Resplendor	Sede
	Rio Itueto	Itueta	Sede
	Córrego Barreto	Barra Longa	Barreto
Piranga	Córrego do Castro	Mariana	Paracatu de Baixo
	Córrego sem nome	Mariana	Camargos
	Manancial sem nome 2	Mariana	Pedras
Santo Antônio	Córrego do Bueiro	Santana do Paraiso	Ipaba do Paraiso
	Córrego do Café	Belo Oriente	Perpétuo Socorro
São José	Manancial 1	Marilândia	Boniseгна
	Córrego São Tomé	Galileia	Sede
		Governador	
Suaçuí Grande	Manancial sem nome 1	Valadares	São Vitor
	Ribeirão Salão	Periquito	Pedra Corrida
		Governador	
	Rio Suaçuí Grande	Valadares	Sede

O modelo permite ainda que seja dado um peso diferente para cada categoria de manancial alternativo. Para isso, cada pixel do mapa de priorização do P3 (Figura 5) é multiplicado por um fator correspondente ao seu status. Para fins das simulações

presentes neste relatório, os pesos atribuídos foram definidos conjuntamente entre os pesquisadores da UFMG, UFV e o corpo técnico da Fundação Renova (Tabela 3).

Tabela 3 – Pesos atribuídos às áreas de contribuição dos mananciais alternativos de captação superficial

Categoria	Pesos
Área externa às áreas de contribuição dos mananciais alternativos	0
Mananciais não escolhidos	0
Mananciais escolhidos	1

Em suma, as simulações utilizando os pesos acima representam situações nas quais somente os mananciais escolhidos tem chance de receber as ações de restauração uma vez que recuperar essas áreas poderá contribuir efetivamente para a melhora da qualidade e regularização hídrica buscadas pela Cláusula 161 do TTAC. É importante destacar que o modelo permite customização do escalonamento e elaboração de cenários alternativos em termos espaciais (i.e., alteração dos pesos para seleção de áreas localizadas em mananciais alternativos para abastecimento de grandes contingentes populacionais) e temporais (i.e., seleção de áreas localizadas em mananciais alternativos com obras de captação já avançadas). Porém, ressalta-se que os resultados das simulações aqui apresentados têm como base os produtos anteriores, aprovados por toda a estrutura de governança da Fundação Renova, incluindo os órgãos oficiais, e considerados pertinentes para a definição das áreas de intervenção para recuperação florestal. Portanto, a avaliação sobre eventuais inclusões de critérios ou variáveis deve considerar a maturidade da qual o presente produto usufrui.

3.3. Distribuição espacial

A seguir são apresentados os resultados cartográficos e tabulares explorando as simulações de alocação da restauração para as sub-bacias dos mananciais alternativos definidos conforme a Cláusula 171 do TTAC. Os mapas representam a densidade de áreas alocadas (*kernel density*¹) para a restauração florestal e as tabelas apresentam o somatório das áreas de APP e zonas de recarga (ZR) alocadas conforme uso da terra e modalidades de recuperação ambiental simuladas.

¹ Essa função possibilita converter dados do tipo pontos esparsos em uma representação matricial (raster) de densidade de ocorrência do fenômeno estudado. Os dados gerados podem auxiliar na ponderação das características que mais influem na análise do cenário em questão. Fonte: ArcGIS Desktop, <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/how-kernel-density-works.htm>.

Em geral, os resultados indicam que o padrão espacial das APPs degradadas (forma alongada, descontínua e estreita ao longo dos cursos de água) dificulta a alocação de manchas contíguas e relativamente agregadas, limitando assim as áreas selecionáveis independentemente do ranking de priorização. Por sua vez, nas zonas de recarga, em geral manchas maiores e contíguas, o modelo consegue alocar mais facilmente a restauração com as características identificadas nas especificações dos algoritmos implementados.

SIMULAÇÃO DA ALOCAÇÃO DA RESTAURAÇÃO PARA REGENERAÇÃO NATURAL (RN)

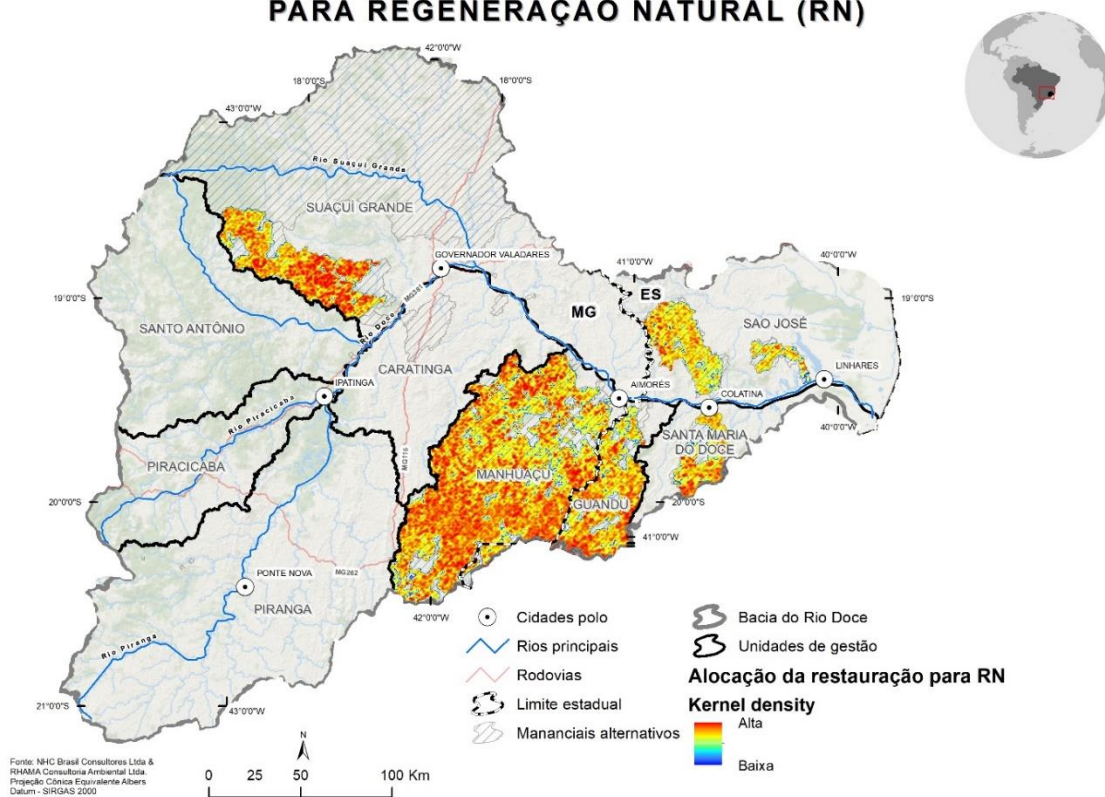


Figura 6 – Simulação da alocação da condução da Regeneração Natural (RN)

A simulação para a modalidade de condução da regeneração natural apresenta maior concentração de *hotspots* ou pontos com alta densidade de áreas alocadas a jusante da bacia do Correntes e a sul da bacia do Manhuaçu.

Tabela 4 – Alocação da recuperação na modalidade de condução da regeneração natural

Áreas prioritárias alocadas para condução da regeneração natural		
	Área (ha)	%
Zona de Recarga	31.528,4	48%
Áreas de Preservação Permanente (APP)	34.766,0	52%
Total	66.294,4	100%

Tabela 5 - Alocação da recuperação na modalidade de condução da regeneração natural em unidades de conservação, terras indígenas e assentamentos de reforma agrária

Áreas prioritárias alocadas para condução da regeneração natural		
	Área em UCs (ha)	Área em assentamentos (ha)
Áreas de Preservação Permanente (APP)	500,04	20,6
Zona de Recarga	260,82	27,5
Total	760,86	48,1

* Não houve alocação em TI

Tabela 6- Alocação da modalidade de condução da regeneração natural para os mananciais alternativos escolhidos

Mananciais alternativos	APP		Zona de Recarga		Total	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Lagoa Nova	397,4	1%	147,5	0%	544,95	1%
Rio Corrente Grande	4.352,4	13%	7.855,8	25%	12.208,23	18%
Rio Guandu	5.904,9	17%	2.866,4	9%	8.771,31	13%
Rio Manhuaçu	20.373,8	59%	18.653,8	59%	39.027,51	59%
Rio Pancas	2.109,4	6%	796,6	3%	2.906,01	5%
Rio Santa Maria do Rio Doce	1.628,1	4%	1.208,3	4%	2.836,35	4%
Total	34.766,0	100%	31.528,4	100%	66.294,36	100%

SIMULAÇÃO DA ALOCAÇÃO DA RESTAURAÇÃO PARA PLANTIO TOTAL COM FINS ECONÔMICOS (SAF)

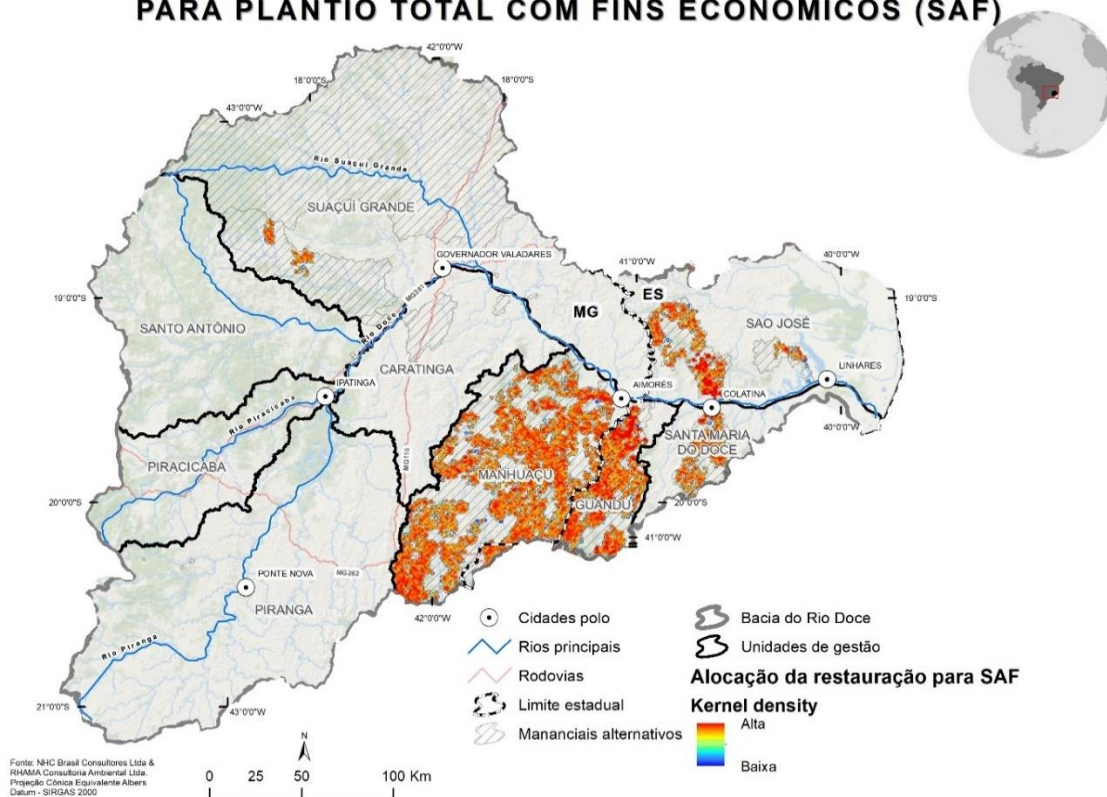


Figura 7- Simulação da alocação de Plantio total com fins econômicos (SAF)

A concentração da densidade para plantio total com fins econômicos (SAFs) é consideravelmente mais elevada junto ao município de Colatina e também na parte central e oeste da bacia do Manhuaçu. A representatividade da restauração no Correntes pode ser considerada baixa relativamente.

Tabela 7 – Alocação da recuperação na modalidade de Plantio total com fins econômicos (SAF)

Áreas prioritárias alocadas para Plantio total com fins econômicos (SAF)		
	Área (ha)	%
Zona de Recarga	5.401,9	21%
Áreas de Preservação Permanente (APP)	19.943,0	79%
Total	25.344,9	100%

Tabela 8 - Alocação da recuperação na modalidade de Plantio total com fins econômicos (SAF) em unidades de conservação, terras indígenas e assentamentos de reforma agrária

Áreas prioritárias alocadas para Plantio total sem fins econômicos em Unidades de Conservação (UCs), terras indígenas (TI) e assentamentos rurais de reforma agrária		
	Área em UCs (ha)	Área em assentamentos (ha)
Áreas de Preservação Permanente (APP)	46,26	5,0
Zona de Recarga	0	0,0
Total	46,26	5,0

* Não houve alocação em TI

Tabela 9 - Alocação da modalidade de Plantio total com fins econômicos (SAF) nos mananciais alternativos escolhidos

Mananciais alternativos	APP		Zona de Recarga		Total	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Lagoa Nova	156,4	1%	-	0%	156,4	1%
Rio Corrente Grande	283,4	1%	-	0%	283,4	1%
Rio Guandu	3.897,4	20%	2.854,8	53%	6.752,2	27%
Rio Manhuaçu	12.983,9	65%	406,6	8%	13.390,5	53%
Rio Pancas	1.313,6	7%	1.926,5	36%	3.240,1	13%
Rio Santa Maria do Rio Doce	1.308,4	7%	213,9	4%	1.522,4	6%
Total	19.943,0	100%	5.401,9	100%	25.344,9	100%

SIMULAÇÃO DA ALOCAÇÃO DA RESTAURAÇÃO PARA PLANTIO TOTAL SEM FINS ECONÔMICOS (SFE)

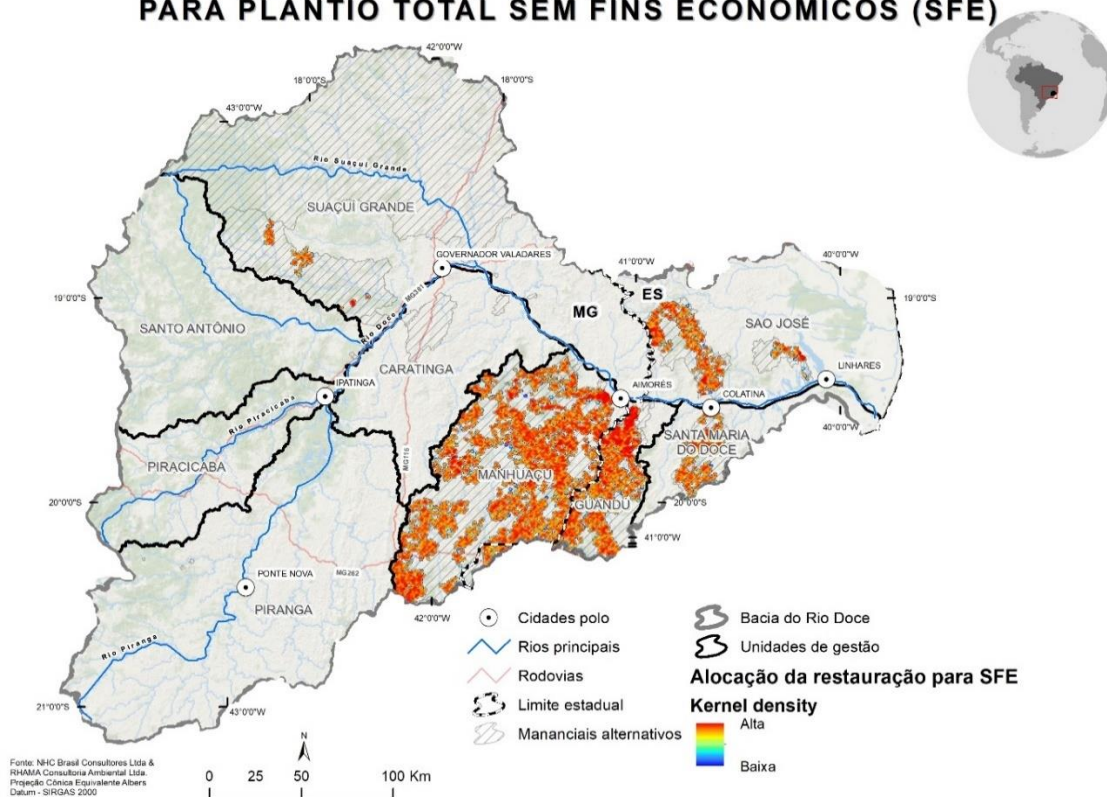


Figura 8 - Simulação da alocação de Plantio total sem fins econômicos (SFE)

A concentração de áreas para plantio total sem fins econômicos (SFE) apresenta um padrão espacial muito próximo ao plantio total com fins econômicos (SAFs). A diferença mais substancial ocorre no manancial do Rio Correntes onde o plantio total sem fins econômicos é mais expressivo.

Tabela 10 - Alocação da recuperação na modalidade de Plantio total sem fins econômicos (SFE)

Áreas prioritárias alocadas para Plantio total sem fins econômicos (SFE)		
	Área (ha)	%
Zona de Recarga	4.708,2	19%
Áreas de Preservação Permanente (APP)	19.654,5	81%
Total	24.362,6	100%

Tabela 11 - Alocação da recuperação na modalidade de Plantio total sem fins econômicos (SFE) em unidades de conservação, terras indígenas e assentamentos de reforma agrária

Áreas prioritárias alocadas para Plantio total sem fins econômicos (SFE) em Unidades de Conservação (UCs), terras indígenas (TI) e assentamentos rurais de reforma agrária		
	Área em UCs (ha)	Área em assentamentos (ha)
Áreas de Preservação Permanente (APP)	54,36	0,0
Zona de Recarga	10,62	0,0
Total	64,98	0,0

* Não houve alocação em TI

Tabela 12 - Alocação da modalidade de Plantio total sem fins econômicos (SFE) nos mananciais alternativos escolhidos

Mananciais alternativos	APP		Zona de Recarga		Total	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Lagoa Nova	189,5	1%	168,7	4%	358,1	1%
Rio Corrente Grande	260,2	1%	111,6	2%	371,8	2%
Rio Guandu	3.790,3	19%	2.330,9	50%	6.121,2	25%
Rio Manhuaçu	12.504,4	64%	1.622,3	34%	14.126,8	58%
Rio Pancas	1.483,8	8%	474,7	10%	1.958,5	8%
Rio Santa Maria do Rio Doce	1.426,3	7%	-	-	1.426,3	6%
Soma	19.654,5	100%	4.708,2	100%	24.362,6	100%

Tabela 13 – Alocação da recuperação ambiental considerando as diferentes modalidades simuladas

Modalidade de recuperação ambiental	Zona de Recarga		APP		Total	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	Total (%)
Condução da Regeneração Natural	31.528,4	76%	34.766,0	47%	66.294,4	57%
Plantio Total <u>com</u> fins econômicos	5.401,9	13%	19.943,0	27%	25.344,9	22%
Plantio Total <u>sem</u> fins econômicos	4.708,2	11%	19.654,5	26%	24.362,6	21%
Total	41.638,4	100%	74.363,5	100%	116.001,9	100%

Tabela 14 – Alocação da recuperação nos mananciais alternativos considerando as diferentes modalidades simuladas

Mananciais alternativos	Total RN		Total SAF		Total SFE		Total	
	Área (ha)*	%	Área (ha)*	%	Área (ha)*	%	Área (ha)*	%
Lagoa Nova	545,0	1%	156,4	1%	358,1	1%	1.059,5	1%
Rio Corrente Grande	12.208,2	18%	283,4	1%	371,8	2%	12.863,4	11%
Rio Guandu	8.771,3	13%	6.752,2	27%	6.121,2	25%	21.644,6	19%
Rio Manhuaçu	39.027,5	59%	13.390,5	53%	14.126,8	58%	66.544,7	57%
Rio Pancas	2.906,0	4%	3.240,1	13%	1.958,5	8%	8.104,6	7%
Rio Santa Maria do Rio Doce	2.836,4	4%	1.522,4	6%	1.426,3	6%	5.785,0	5%
Soma	66.294,4	100%	25.344,9	100%	24.362,6	100%	116.001,9	100%

* Considera APPs e Zonas de recarga

A Tabela 14 e a Figura 9 abaixo apresentam a sobreposição das duas modalidades de reflorestamento (plantios sem e com fins econômicos). Este fenômeno espacial é esperado uma vez que o modelo foi calibrado para alocar as áreas das diferentes modalidades de plantios nas áreas com baixa favorabilidade à regeneração natural.

Tabela 15 - Alocação da recuperação considerando a sobreposição de plantios com e sem fins econômicos

Modalidade de recuperação	Zona Recarga		APP		Total	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	Total (%)
Condução da Regeneração Natural *	31.528,4	76%	34.766,0	47%	66.294,4	57%
Plantio Total com fins econômicos	5.401,9	13%	19.943,0	27%	25.344,9	22%
Plantio Total sem fins econômicos	4.708,2	11%	19.654,5	26%	24.362,6	21%
Subtotal	41.638,4	100%	74.363,5	100%	116.001,9	100%
Sobreposição de SAF e SFE	963,2	10%**	10.213,92	26%***	11.177,1	22%
Total	40.675,2		64.149,6		104.824,8	

* Não há sobreposição de SFE e SAF com Regeneração natural.

** Percentual de sobreposição nas modalidades de plantio (SAF e SFE) em zonas de recarga.

*** Percentual de sobreposição nas modalidades de plantio (SAF e SFE) em APPs.

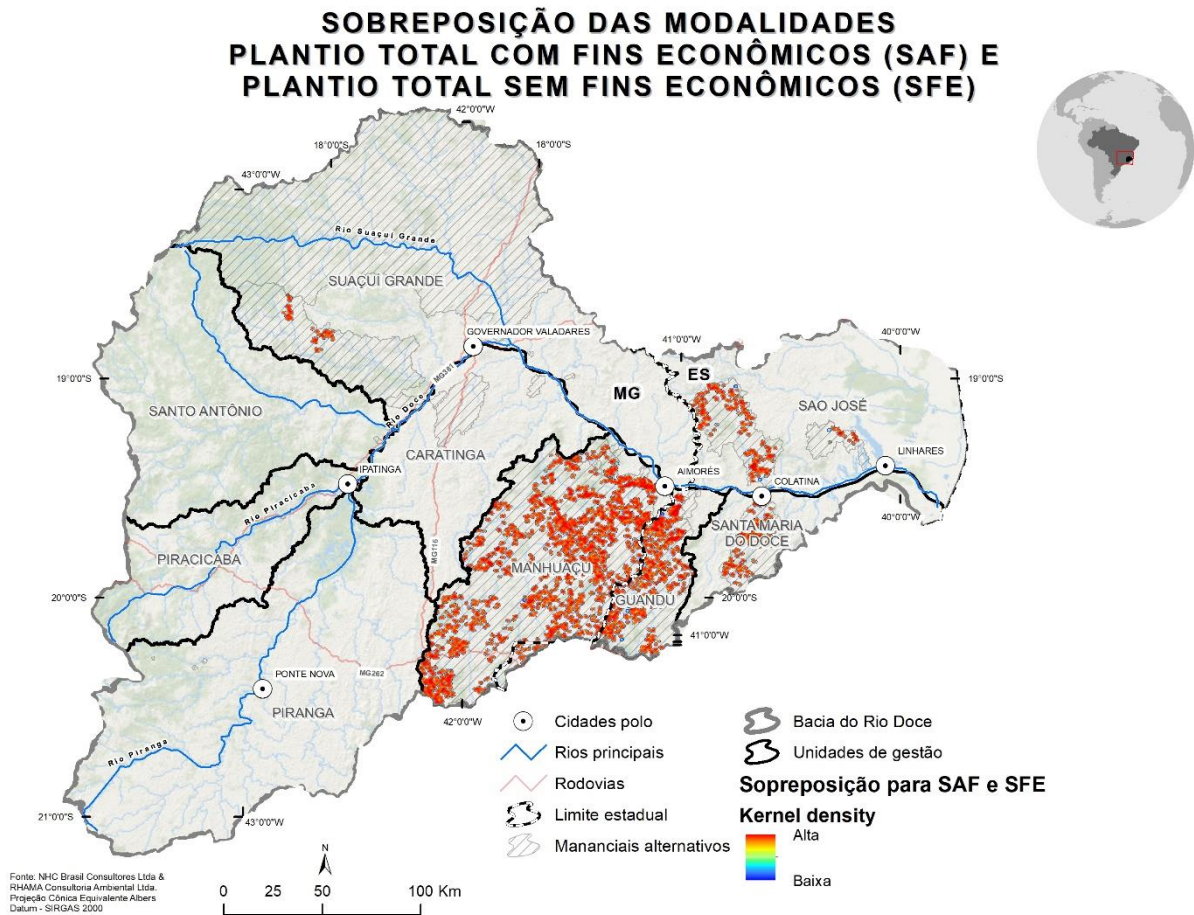


Figura 9 - Sobreposição das modalidades de Plantio total sem fins econômicos (SFE) e Plantio total com fins econômicos (SAF)

3.4. Distribuição temporal

Além de considerar a distribuição espacial das ações de restauração, o escalonamento fornece também um indicativo para a distribuição temporal na forma de um cronograma. À luz dos objetivos do Programa de Recuperação Ambiental (TTAC), identifica-se dois desafios principais para a implementação das ações: ganho de escala dos resultados e busca de efetividade das ações. O primeiro refere-se à dificuldade de mobilizar os produtores rurais e convencê-los a aceitar as ações de recuperação ambiental dentro de suas propriedades em uma escala ampla o suficiente para que se alcance a recuperação de 40 mil hectares em 10 anos. O segundo está ligado ao

objetivo último do programa que é de gerar um efeito positivo no controle dos processos erosivos e melhoria da regularidade hídrica nos mananciais que serão utilizados para a captação de água para consumo humano em alternativa à captação na calha do Rio Doce. Por esse motivo, propomos que na primeira fase (2019-2020) sejam destinados 3 mil hectares para a recuperação ambiental nas áreas de contribuição dos mananciais alternativos em obras, em observância à Cláusula 171 do TTAC, preferencialmente nas unidades de conservação, assentamentos rurais de reforma agrária e terras indígenas. Apesar da importância e a facilidade com ganho de escala destas áreas de uso especial, foram alocadas menos de 900 hectares de recuperação nas diferentes modalidades de recuperação ambiental. Por isso será necessário, mesmo nessa primeira fase, buscar o envolvimento de produtores rurais individuais, possivelmente através da mobilização de entidades locais.

Por sua vez, na segunda fase (2020-2029) sugere-se um cronograma de recuperação abrangendo 37 mil ha (detalhamento no Anexo I) nas sub-bacias prioritárias dos mananciais alternativos que efetivamente serão utilizados para a captação de água visando a diminuição da turbidez pelo controle da erosão e regularização hídrica. Nessa fase será importante direcionar as ações de modo a buscar garantir a geração de efeitos mensuráveis na qualidade da água e regularização hídrica.

Tabela 16 - Proposta de cronograma de implementação considerando os dois objetivos e as áreas prioritárias.

Ano	Objetivo	Prioridades	Distribuição proposta
2019 - 2020	Resultado	Mananciais alternativos escolhidos em obras	3.000 ha
2020 - 2029	Efeito	Mananciais selecionados posteriormente. Sub-bacias prioritárias localizadas nos mananciais alternativos para a captação de água	37.000 ha

Ressalta-se que ambas as fases devem guiar-se por critérios que possibilitem ganhos de escala e abordem coletividades ou comunidades. Nessa perspectiva, sugere-se, em campo, proceder à identificação de eventuais comunidades ou núcleos rurais que estejam nas áreas prioritárias do escalonamento e, a partir delas, buscar os proprietários rurais dispostos a participar das intervenções. Outra ressalva diz respeito à necessidade de buscar ações e critérios complementares à metodologia ora apresentada, também objetivando ganhos de escala e maior repercussão social e ambiental. Nesse sentido, a identificação de unidades de conservação formalmente

registradas, terras indígenas e assentamentos rurais de reforma agrária, dentro do recorte prioritário das sub-bacias dos mananciais alternativos, também é sugerido como objeto de análise para eventual implantação das ações de recuperação ambiental.

4. A Estratégia 2: TI Krenak e assentamentos rurais de reforma agrária

A Estratégia 2, foi concebida de forma paralela e complementar ao que foi delineado na modelagem espacialmente explícita da Estratégia 1, busca enfrentar dois desafios principais para a implementação das ações de recuperação ambiental: ganho de *escala* dos resultados e busca de *impacto*. O primeiro ponto refere-se à dificuldade de mobilizar os produtores rurais e convencê-los a aceitar as ações de recuperação ambiental dentro de suas propriedades em uma escala ampla o suficiente para que a recuperação de 40 mil ha seja alcançada em 10 anos. O segundo ponto está ligado ao objetivo último do programa que é de gerar um impacto positivo no controle do processo erosivo e melhora da regularidade hídrica nos mananciais que serão utilizados para a captação de água para consumo humano em alternativa à captação na calha do Rio Doce. Por esse motivo, propõe-se na primeira fase (2020-2021) sejam destinados 3 mil ha para a recuperação ambiental assentamentos rurais de reforma agrária e terras indígenas de alta prioridade localizados dentro das áreas dos mananciais alternativos. Já para a segunda fase (2020-2026) serão indicadas a recuperação de 37 mil há, definidos nas áreas delineadas no processo de modelagem que, por sua vez está focado nas sub-bacias de alta prioridade dentro dos mananciais alternativos que efetivamente serão utilizados para a captação de água visando a diminuição da turbidez pelo controle da erosão e regularização hídrica.

4.1. Ganho de escala nos resultados

Segundo dados do Cadastro Ambiental Rural (CAR), a bacia do Rio Doce conta com aproximadamente 176 mil propriedades privadas já cadastradas. Visto que o CAR cobre aproximadamente 56% das áreas passíveis de cadastro na bacia, o número total de registros pode se aproximar de 300 mil imóveis rurais. Considerando as ações de

restauração ambiental no nível da propriedade rural, trabalhar com tal número de propriedades (em sua maioria, pequenas) apresenta vários desafios, principalmente durante a primeira fase do programa. A primeira dificuldade refere-se à necessidade de ir de encontro às perspectivas e expectativas dos produtores rurais para que aceitem uma intervenção em sua propriedade (Higgs, 1997). Isso envolve um processo de educação ambiental e negociação que é demorado e depende do estabelecimento de uma relação e confiança com a Fundação Renova. Como demonstrado em Lima et al. (2017), a legitimidade de uma organização em campo requer tempo e construção de vínculos com comunidades locais. É igualmente necessário entender o que realmente produz motivação nos indivíduos para entrar em um projeto de conservação, fator que é frequentemente negligenciado pelas entidades promotoras dos projetos, o que pode aumentar a chance de insucesso dessas iniciativas (Lima et al., 2019). Essa questão ficou evidenciada em estudo piloto realizado na região de Governador Valadares, no qual 29 produtores rurais responderam a um questionário. Desse total, 21 produtores mencionaram a importância da doação de materiais para a recuperação (ex. cercas, sementes etc.) como fator motivador para seu engajamento em projetos de conservação e 19 enfatizaram a importância de haver incentivos econômicos. De igual maneira, 19 produtores pontuaram a necessidade de se haver assistência técnica para melhorar a produtividade rural de modo a compensar a perda de área para a recuperação ambiental.

É esperado que, com o tempo, o envolvimento de novos produtores se tornará mais fácil visto o processo de institucionalização da Fundação Renova na bacia enquanto ator relevante, bem como através do próprio processo de aprendizagem organizacional da fundação. Ao mesmo tempo a sociedade e o poder público pedem a demonstração de resultados das ações da Fundação Renova com urgência. Por esses motivos, confiança dos envolvidos demanda que a Fundação busque estratégias de curto prazo que visem garantir, já no início do processo de recuperação, uma área substancial nos primeiros anos do programa. Para isso, na primeira fase do escalonamento (P4) propõe-se enfoque na Terra Indígena Krenak e nos assentamentos rurais de reforma agrária existentes nas áreas dos mananciais alternativos. A Terra Indígena e os assentamentos rurais devem ser alvo preferencial das ações nessa primeira fase devido a diversos fatores:

- 1) Representam economia de escala (dado que concentram áreas maiores em relação às propriedades privadas individuais);

- 2) Concentram em uma única organização diversos produtores ou comunidades, como é o caso da TI, o que possibilitará maior agilidade nas negociações e intervenções em campo;
- 3) Estão inseridos nas áreas de alta ou muito alta prioridade dentro da metodologia definida pelo P3, representando elevada vulnerabilidade ambiental (IVA), social (IVS) e vocação à recuperação (IVR);
- 4) Atendem a fortes apelos de participação social e atendimento às comunidades mais vulneráveis na bacia.

Foram identificados 22 assentamentos rurais de reforma agrária e uma Terra Indígena inseridos na área dos mananciais alternativos das áreas prioritárias da bacia do Rio Doce, nessas unidades territoriais foram identificados 2.071 ha de áreas de preservação ripárias degradadas e mais 4.531 ha zonas de recarga degradadas localizadas parcialmente em sobreposição às APPs de topo de morro. Em virtude de seu elevado nível de degradação, somente 35% dessas áreas são favoráveis à opção pela alternativa de condução a regeneração natural (veja Tabela 17).

De modo a buscar a escalabilidade das ações, é recomendado iniciar a recuperação em regiões com maior quantitativo de áreas a serem recuperadas, com destaque à Terra Indígena Krenak, em Resplendor, PA Formosa Urupuca em São José da Safira, MG e o PA Egídio Bruneto em Jampruca, municípios mineiros, que alcançam um total de 2.626 ha de APPs e zonas de recarga degradadas e passíveis de recuperação. Posteriormente, como objeto da restauração, sugere-se incorporar as 9 comunidades quilombolas, distribuídas em cinco municípios mineiros na área prioritária dos mananciais alternativos da bacia do Rio Doce, bem como as Áreas de Preservação Ambiental (APAs) nela localizadas.

Tabela 17. Área total, áreas de preservação permanente e áreas de recarga nos assentamentos rurais de reforma agrária e terras indígenas dentro do recorte prioritário para recuperação ambiental na bacia do rio Doce.

Ranking Condução da regeneração natural	Ranking Plantio total com fins econômicos (SAF)	Ranking Plantio sem fins econômicos	Nome da comunidade	Município	Estado	N. de famílias	Área total (ha)	APPR degradada (ha)	Zona de Recarga degradada (ha)	Total de recuperação ambiental (ha)	% favorável à cond. a reg. natural
Terra Indígena											
1	1	1	Comunidade Krenak	Resplendor	MG	343*	3.969	391	952	1.343	29%
Assentamento Rural											
1	6	6	PA Beija Flor	Alto Rio Novo	ES	13	83	13	20	34	34%
4	1	10	PA Belo Monte	Jampruca	MG	16	941	94	141	236	46%
2	7	9	PA Boa Esperança	Alto Rio Novo	ES	46	429	56	99	155	30%
23	11	20	PA Cachoeirinha	Tumiritinga	MG	32	394	109	105	214	38%
15	9	21	PA Egídio Bruneto	Jampruca	MG	32	1.877	167	447	614	41%
22	19	23	PA Formosa Uruçuca	São José da Safira	MG	60	2.100	212	456	669	15%
20	16	19	PA Ira Aguiar	Santa Maria do Suaçuí	MG	34	1.603	64	252	316	38%
3	15	2	PA Joaquim Nicolau da Silva	Governador Valadares	MG	16	597	46	60	106	64%
12	13	7	PA Laje	Alto Rio Novo	MG	50	552	55	183	238	42%
6	2	1	PA Liberdade	Periquito	MG	40	941	66	127	193	11%
18	18	14	PA Madre Cristina	Pancas	ES	35	536	73	42	116	59%
17	14	3	PA Margarida Alves	Pancas	ES	6	191	1	48	49	84%
14	23	15	PA Matutina	Laranja da Terra	ES	83	220	18	66	84	56%
21	17	22	PA Padre Josino	Santa Maria do Suaçuí	MG	36	1.078	68	146	213	22%
13	20	8	PA Padre Pedro	Mantenópolis	ES	37	476	51	56	107	44%
9	21	11	PA Rosa de Saron	Águia Branca	ES	39	577	84	40	124	14%
16	12	18	PA Roseli Nunes II	Resplendor	MG	38	2.337	154	380	533	74%
11	8	17	PA Santa Maria/Monaliza	Jampruca	MG	20	670	82	155	237	26%
7	4	13	PA Santa Martha	Jampruca	MG	31	998	63	342	405	25%
8	5	4	PA São Sebastião	Tarumirim	MG	20	176	19	12	31	30%
19	10	5	PA Tomazzini	Santa Teresa	ES	39	417	42	101	142	52%
5	3	12	PA Ulisses De Oliveira	Jampruca	MG	42	1.468	141	302	443	27%
			Área total				22.629	2.071	4.531	6.602	35%

*Obs. População.

Priorização para plantio total com fins econômicos:

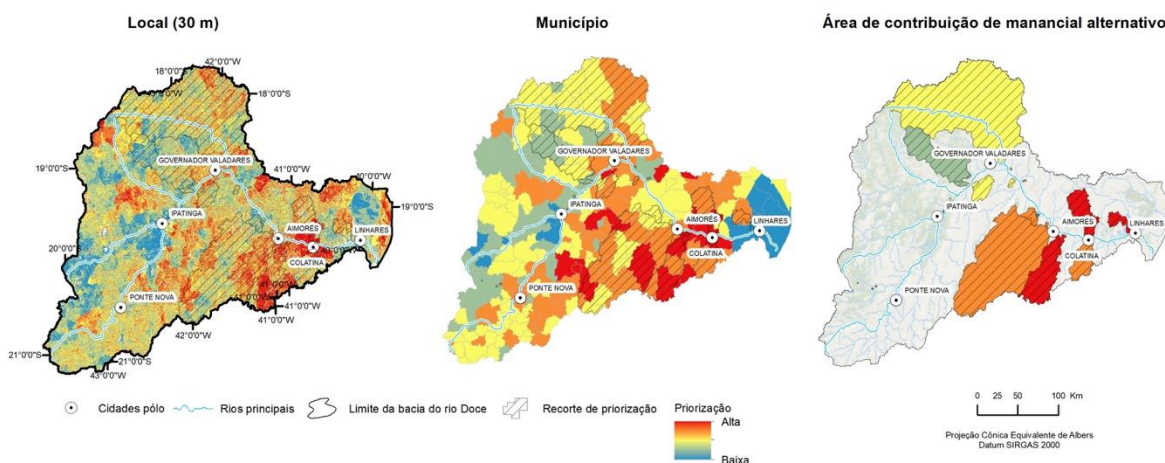


Figura 11: Plantio total em SAF na bacia do rio Doce

Priorização para plantio total sem fins econômicos:

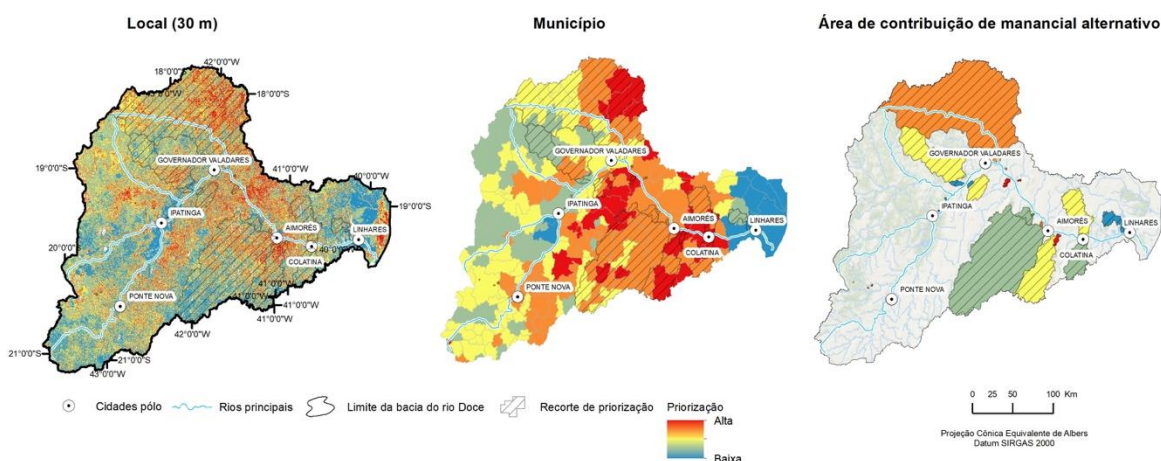


Figura 12: Plantio total sem fins econômicos na bacia do rio Doce

4.3. Terra indígena e assentamentos rurais nas áreas prioritárias

A seguir são apresentadas informações espaciais específicas sobre a TI Krenak no município de Resplendor, MG e cada um dos assentamentos rurais em território mineiro e capixaba do recorte prioritário, de modo a otimizar o processo de identificação das áreas a serem trabalhadas em cada um destes projetos.

Para essa aproximação inicial à TI Krenak e aos assentamentos rurais optou-se pelo delineamento de mapas com as seguintes informações: imagens de satélite a partir do Basemap com a delimitação do perímetro da TI e do assentamento; uso e ocupação atual da

terra com base no mapa elaborado para o P3, áreas de recarga e APPs ripárias calculadas pela delimitação de 30 metros na base da FBDS (2018). A opção inicial por esses elementos se deu pela necessidade de que as análises sobre as áreas a serem recuperadas na reserva indígena e nos assentamentos estejam em sintonia com as recomendações do TTAC que direciona as ações de recuperação, preferencialmente, para as APPs e as áreas de recarga. Como evidenciado na Tabela 2 o potencial de área para início das atividades de recuperação ambiental na reserva indígena e nos assentamentos rurais é de 6.602 hectares, representando um orçamento adequado para início das atividades de recuperação em 3.000 hectares ainda em 2019.

4.3.1. Terra Indígena Krenak

Terra Indígena Krenák, Resplendor, MG

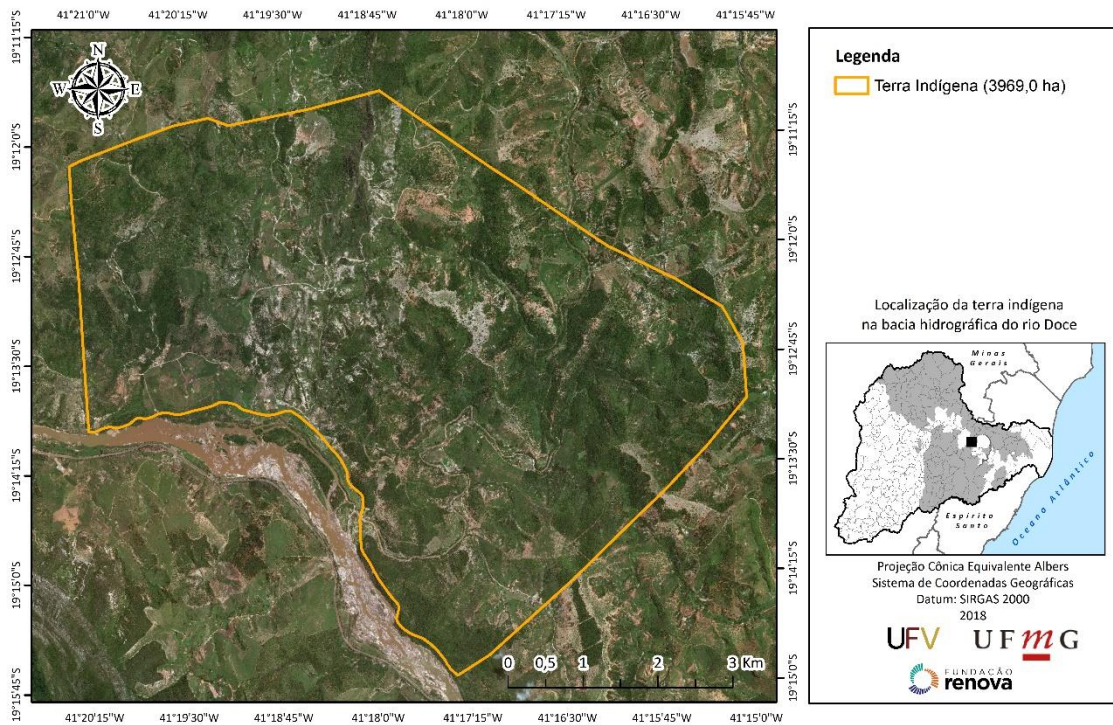


Figura 13. Perímetro da Terra Indígena Krenak, Resplendor, MG

Terra Indígena Krenák, Resplendor, MG

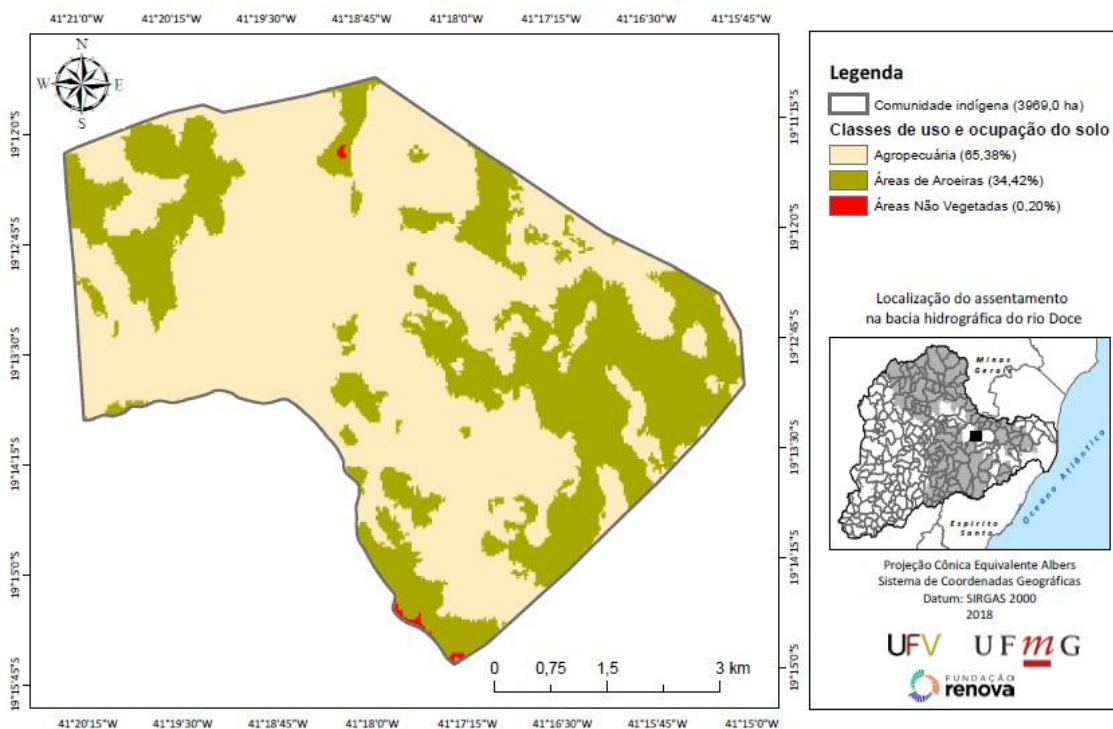


Figura 14. Uso do solo, Terra Indígena Krenak, Resplendor, MG

Terra Indígena Krenák, Resplendor, MG

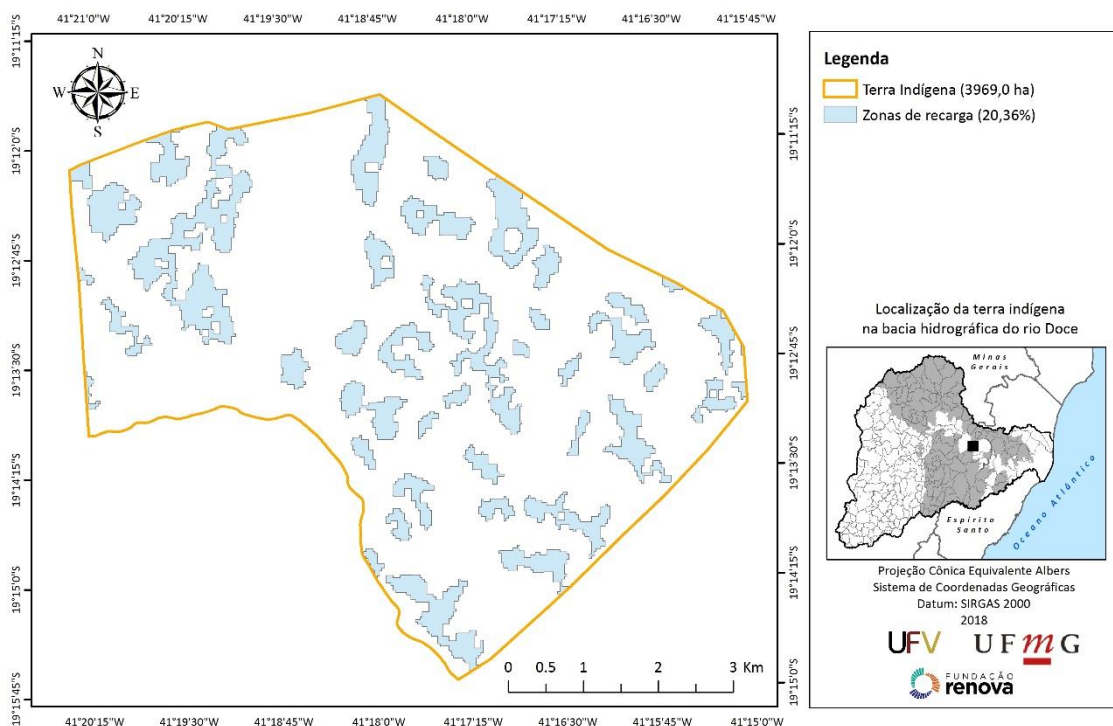


Figura 15. Zonas de recarga hídrica, Terra Indígena Krenák, Resplendor, MG

Terra Indígena Krenák, Resplendor, MG

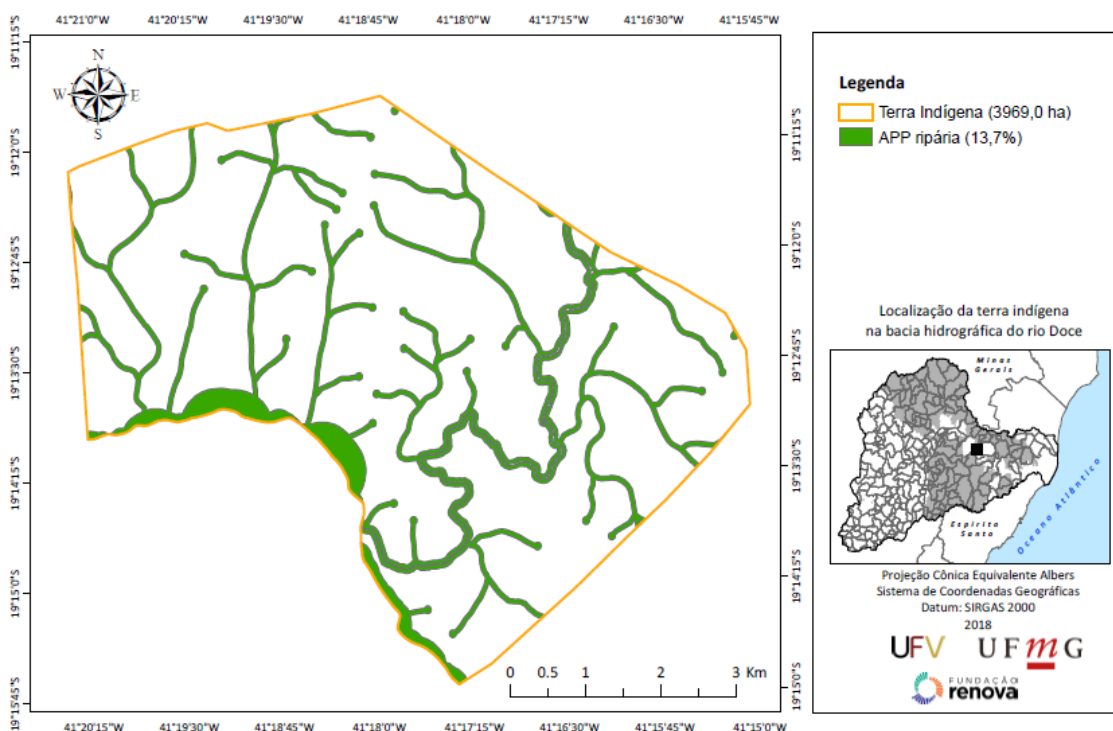


Figura 16. Áreas de APP, Terra Indígena Krenák, Resplendor, MG.

4.3.2. Assentamentos de reforma agrária

4.3.2.1. Assentamentos rurais em Minas Gerais

PA BELO MONTE

PA Belo Monte, Jampruca, MG

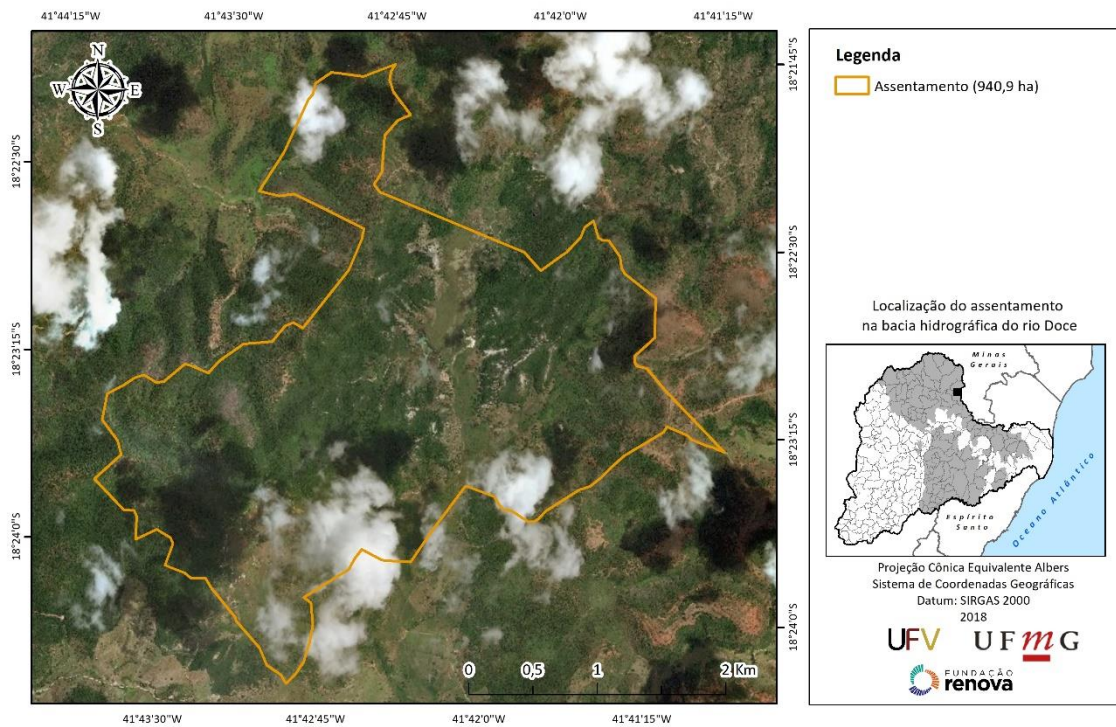


Figura 17. Perímetro do PA Belo Monte, Jampruca, MG

PA Belo Monte, Jampruca, MG

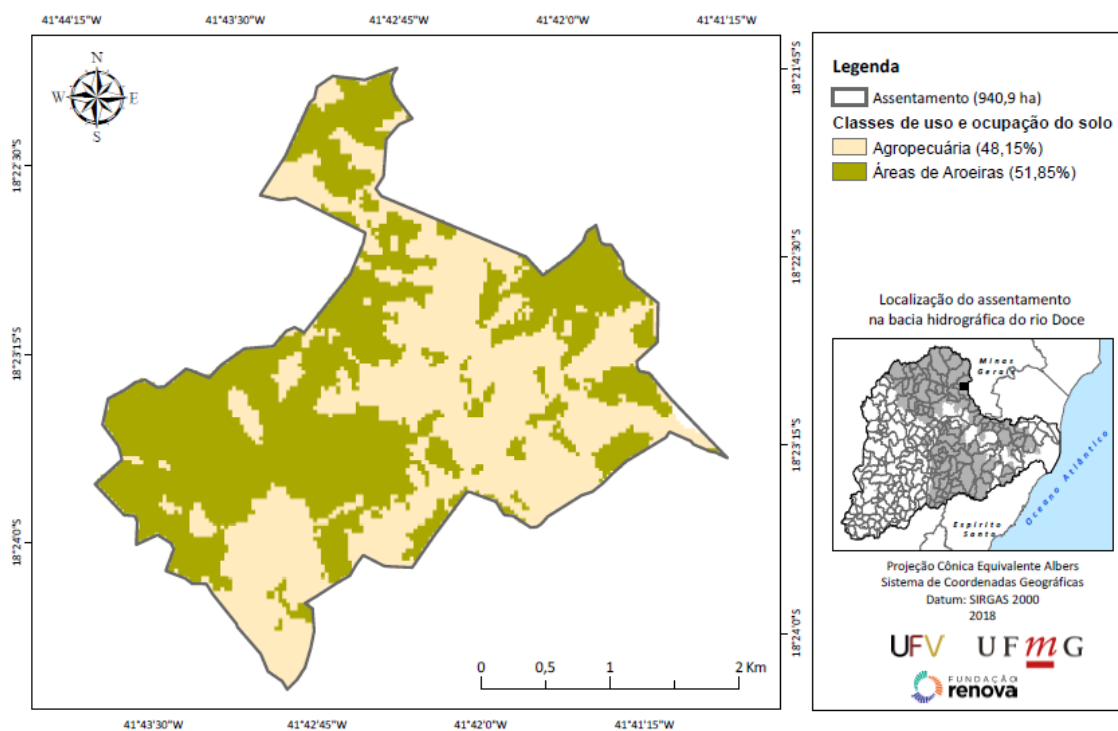


Figura 18. Uso do solo, PA Belo Monte, Jampruca, MG

PA Belo Monte, Jampruca, MG

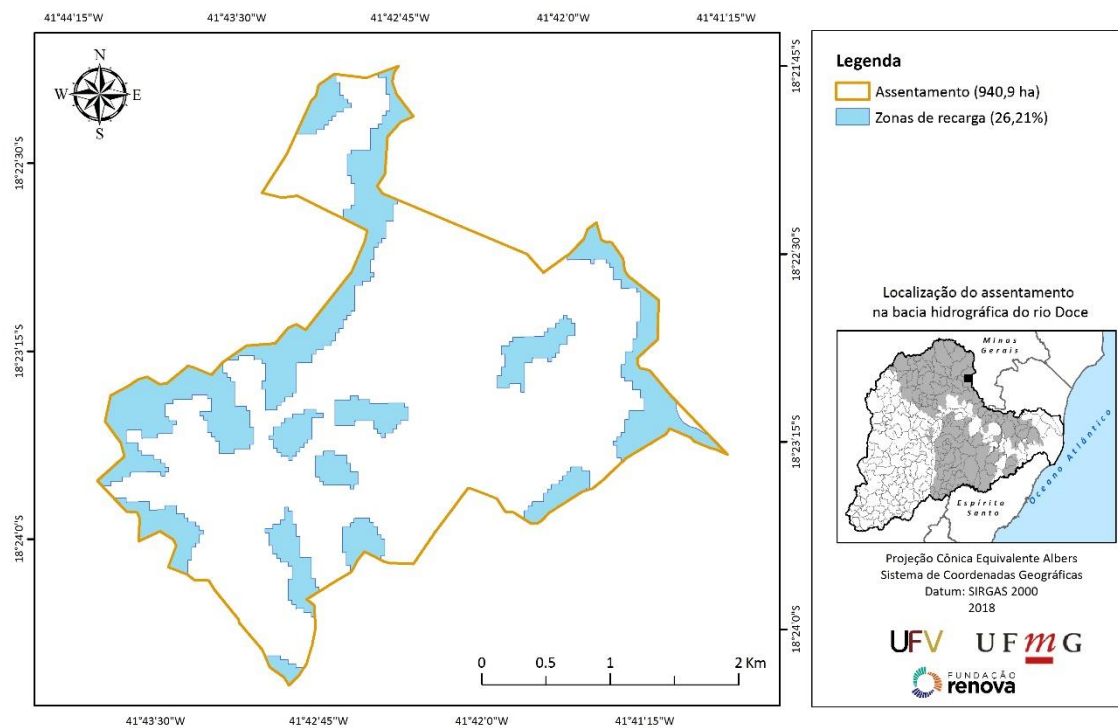


Figura 19. Zonas de recarga hídrica, PA Belo Monte, Jampruca, MG.

PA Belo Monte, Jampruca, MG

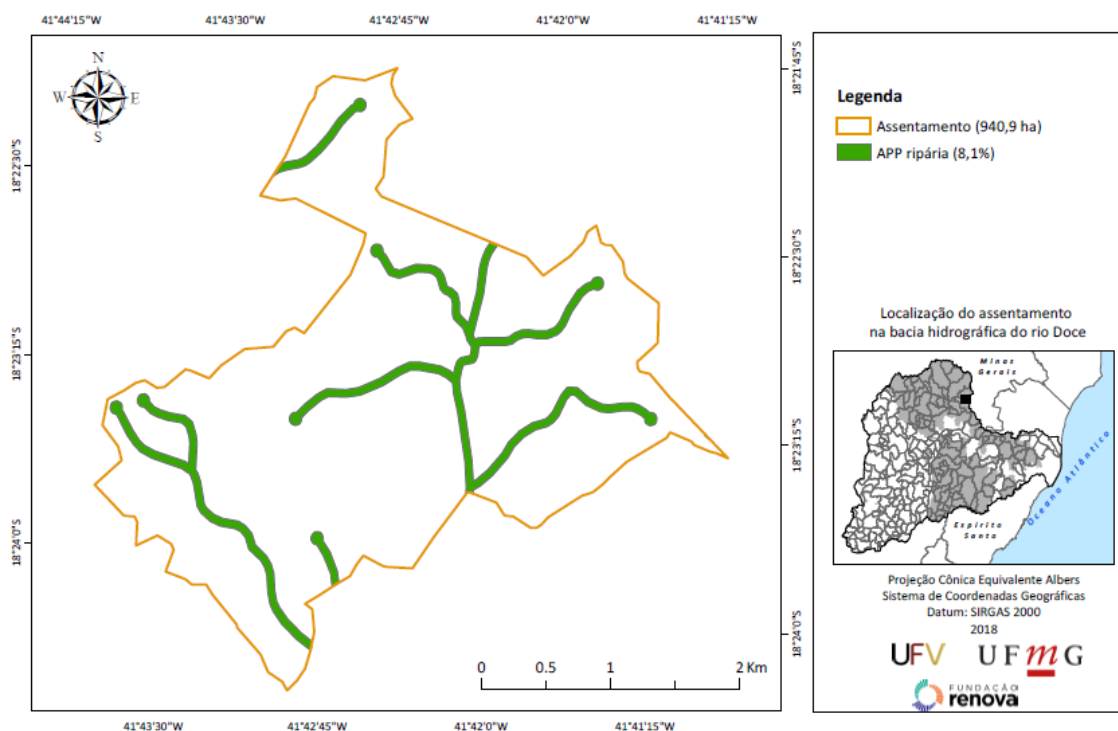


Figura 20. Áreas de APP, PA Belo Monte, Jampruca, MG

PA CACHOEIRINHA

PA Cachoeirinha, Tumiritinga, MG

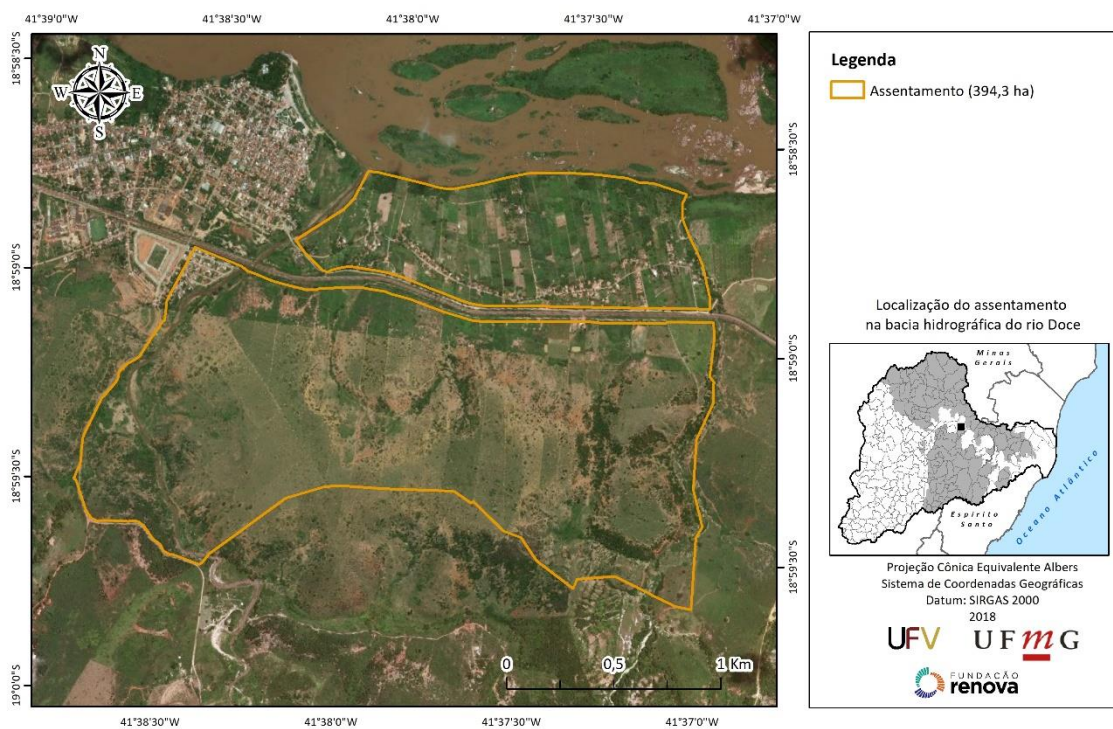


Figura 21. Perímetro do PA Cachoeirinha, Tumiritinga, MG

PA Cachoeirinha, Tumiritinga, MG

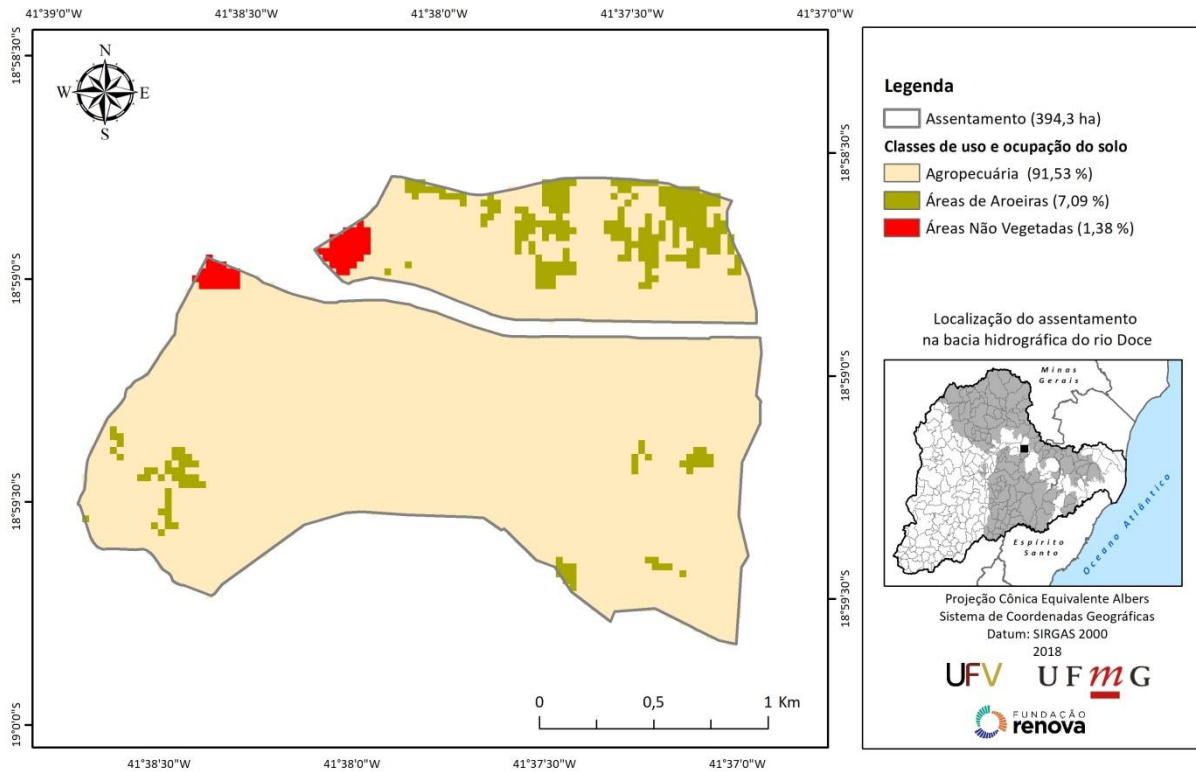


Figura 22. Uso do solo, PA Cachoeirinha, Tumiritinga, MG

PA Cachoeirinha, Tumiritinga, MG

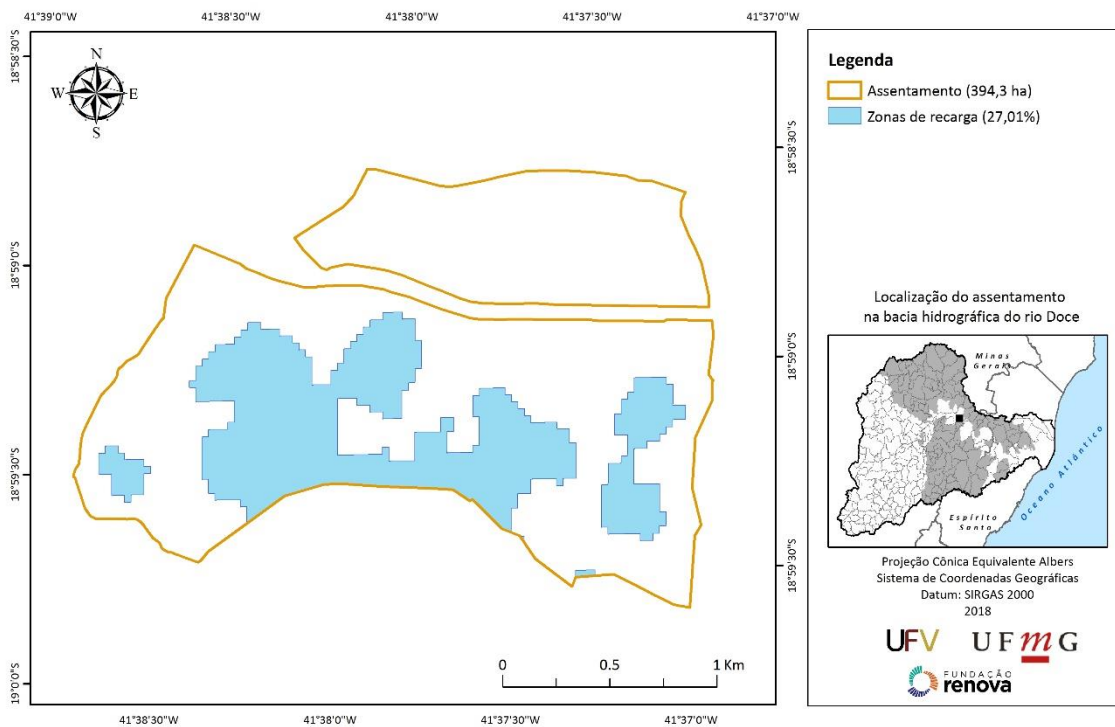


Figura 23. Zonas de recarga hídrica, PA Cachoeirinha, Tumiritinga, MG.

PA Cachoeirinha, Tumiritinga, MG

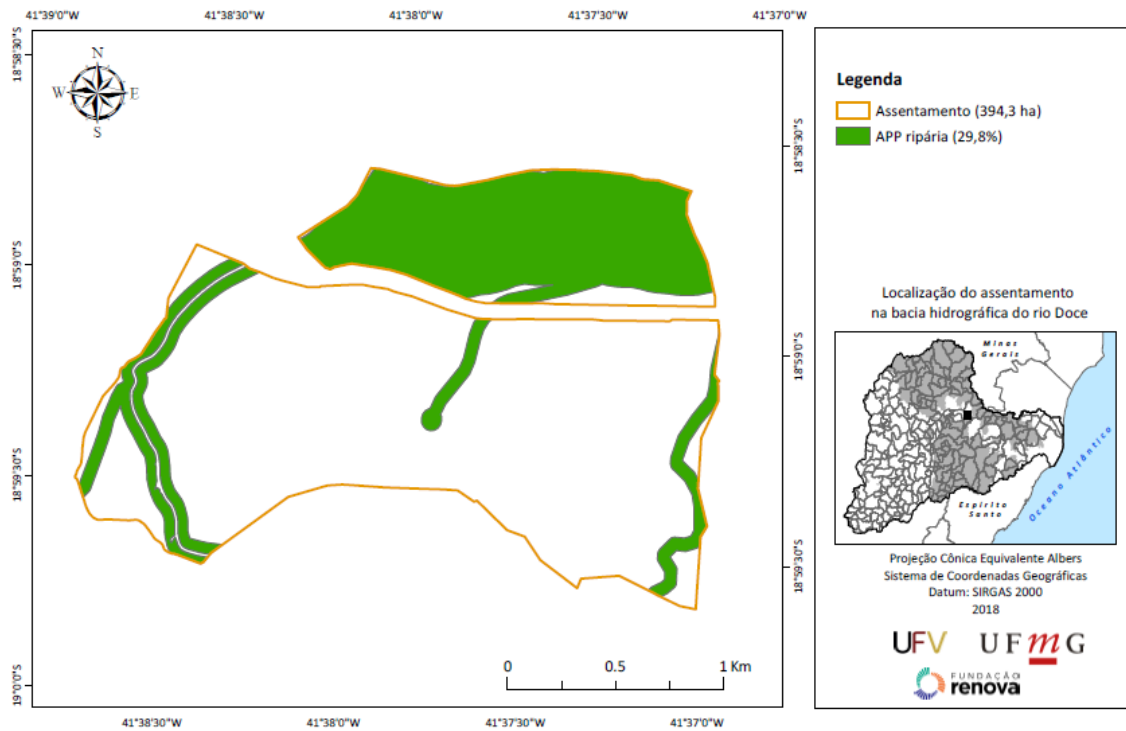


Figura 24. Áreas de APP, PA Cachoeirinha, Tumiritinga, MG

PA EGÍDIO BRUNETO

PA Egídio Bruneto, Jampruca/Campanário, MG

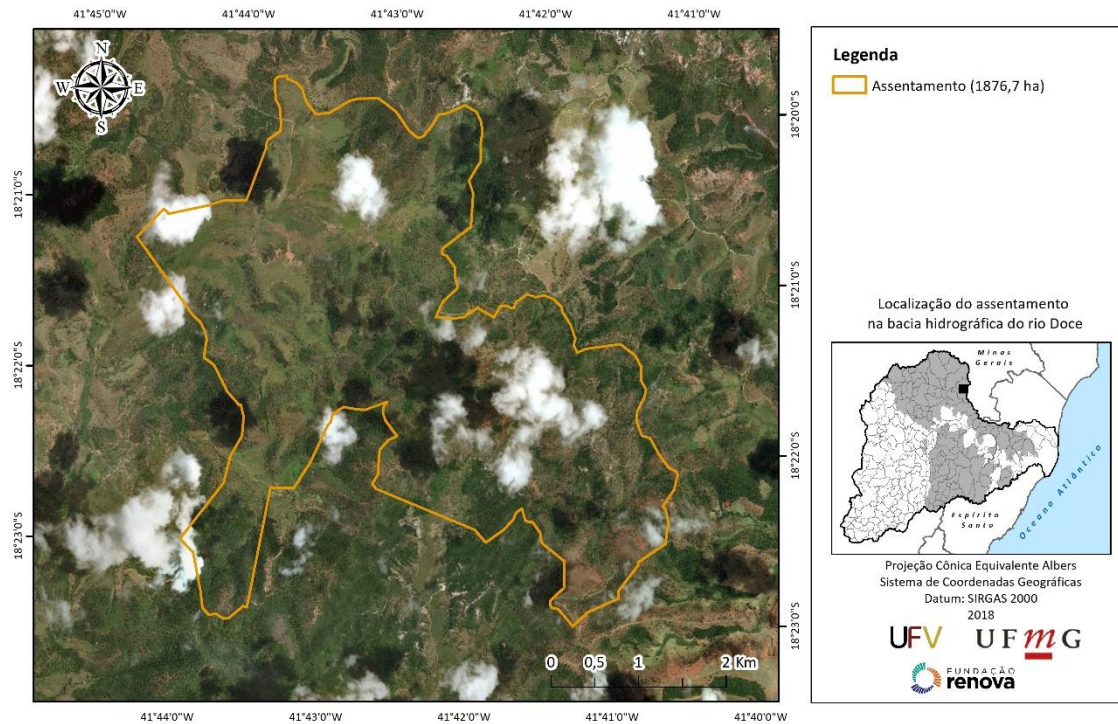


Figura 25. Perímetro do PA Egídio Bruneto, Jampruca/Campanário, MG

PA Egídio Bruneto, Jampruca/Campanário, MG

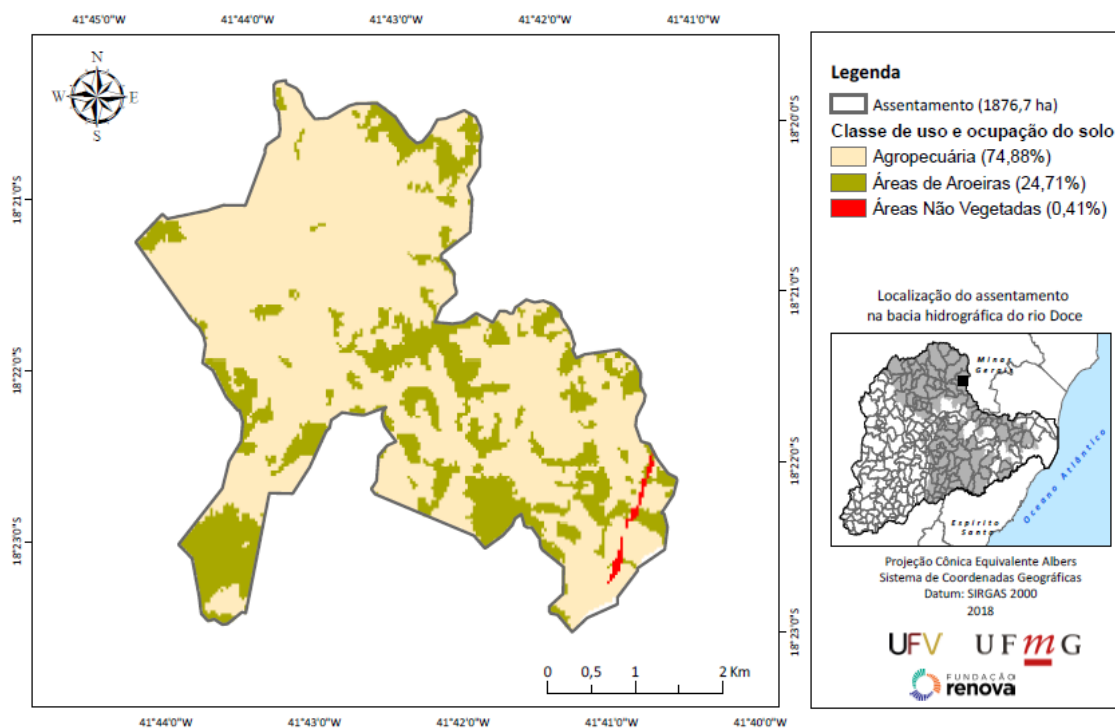


Figura 26. Uso do solo, PA Egídio Bruneto, Jampruca/Campanário, MG

PA Egídio Bruneto, Jampruca/Campanário, MG

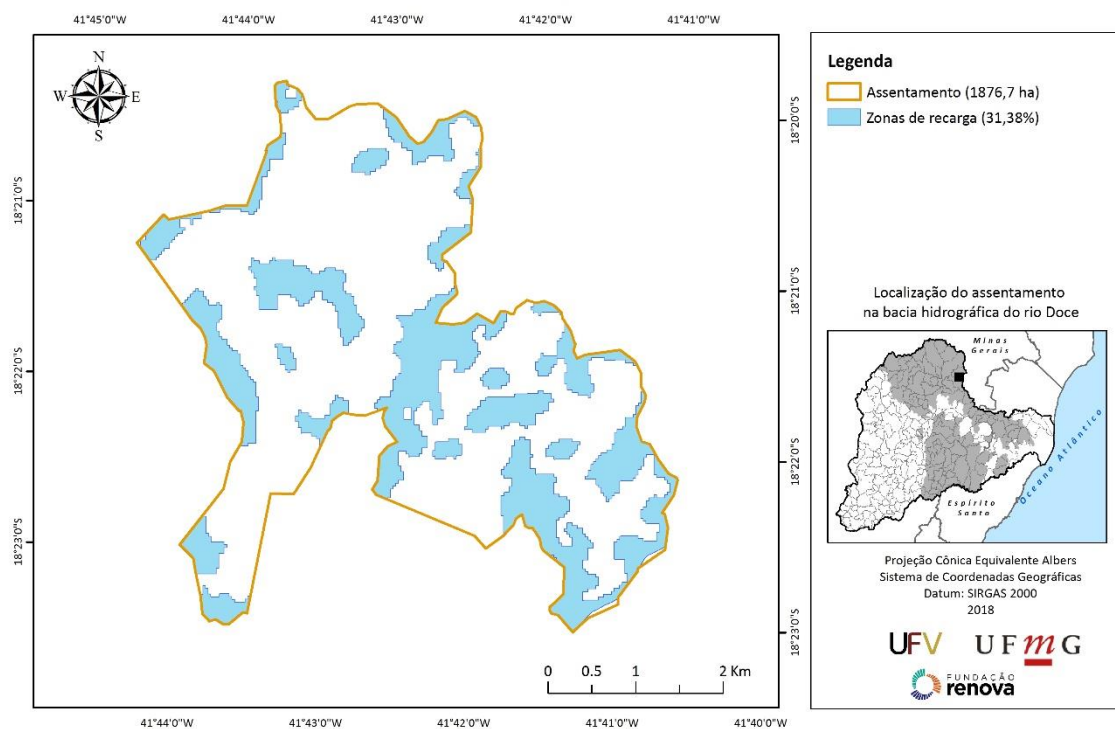


Figura 27. Zonas de recarga hídrica, PA Egídio Bruneto, Jampruca/Campanário, MG.

PA Egídio Bruneto, Jampruca/Campanario, MG

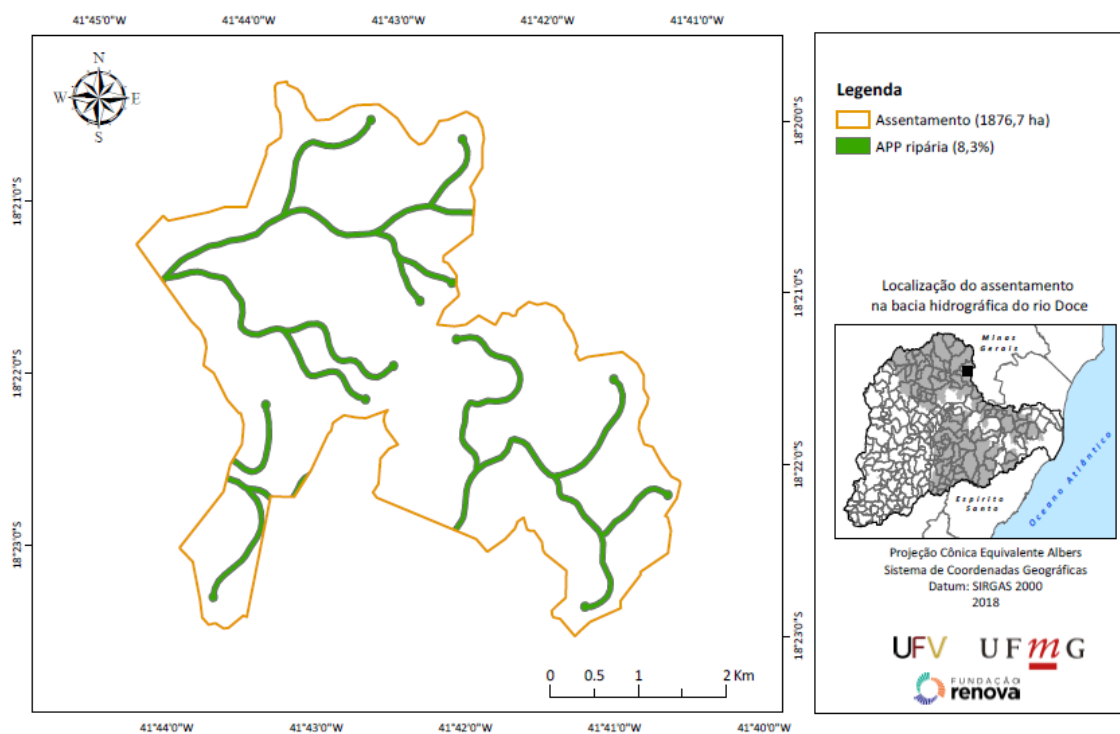


Figura 28. Áreas de APP, PA Egídio Bruneto, Jampruca/Campanário, MG

PA FORMOSA URUPUCA

PA Formosa Urupuca, São José da Safira, MG

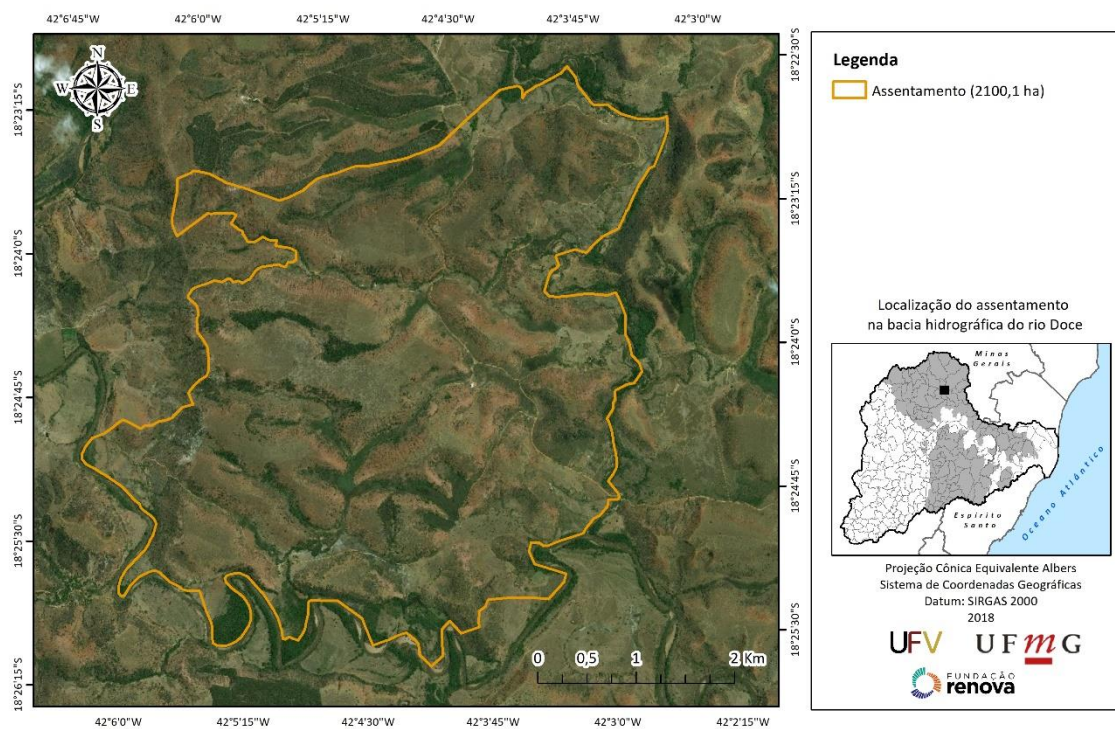


Figura 29. Perímetro do PA Formosa Urupuca, São José da Safira, MG

PA Formosa Urupuca, São José da Safira, MG

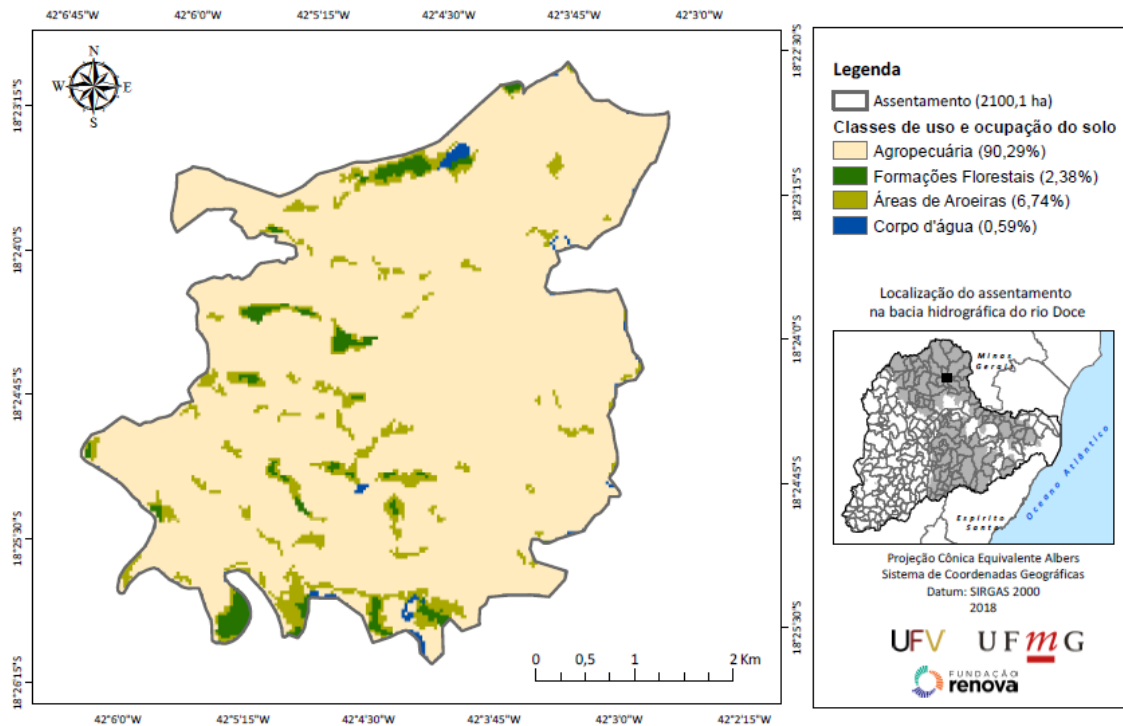


Figura 30. Uso do solo, PA Formosa Urupuca, São José da Safira, MG

PA Formosa Urupuca, São José da Safira, MG

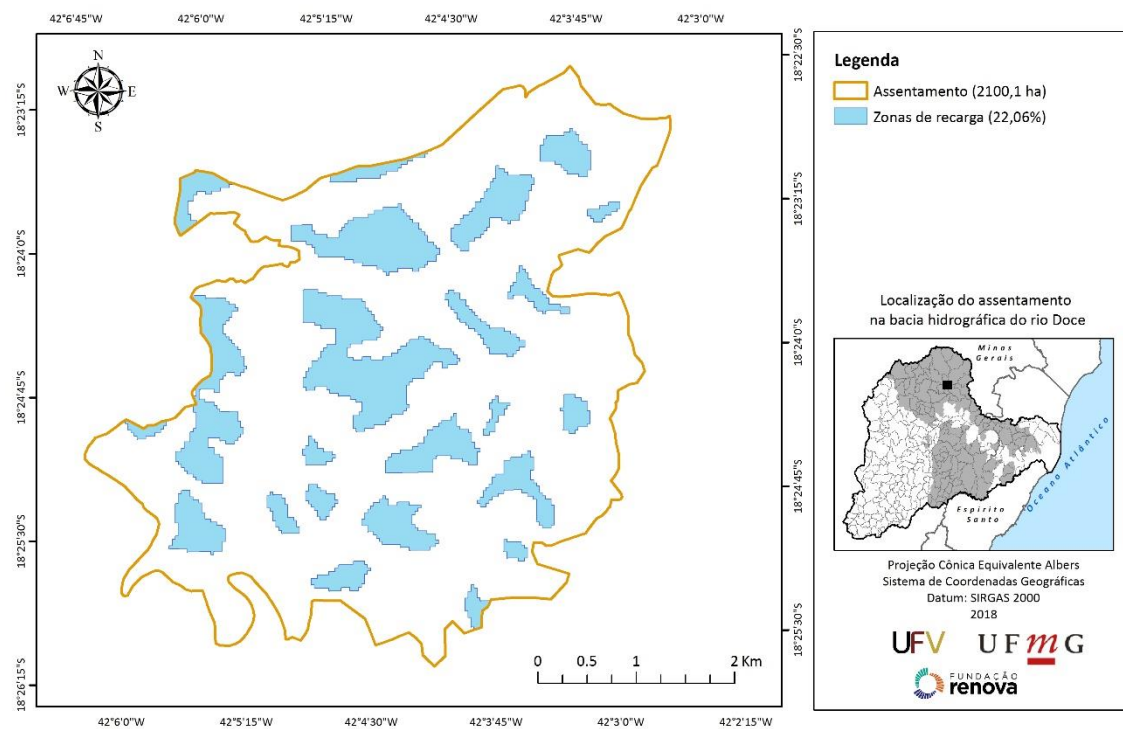


Figura 31. Zonas de recarga hídrica, PA Formosa Urupuca, São José da Safira, MG.

PA Formosa Urupuca, São José da Safira, MG

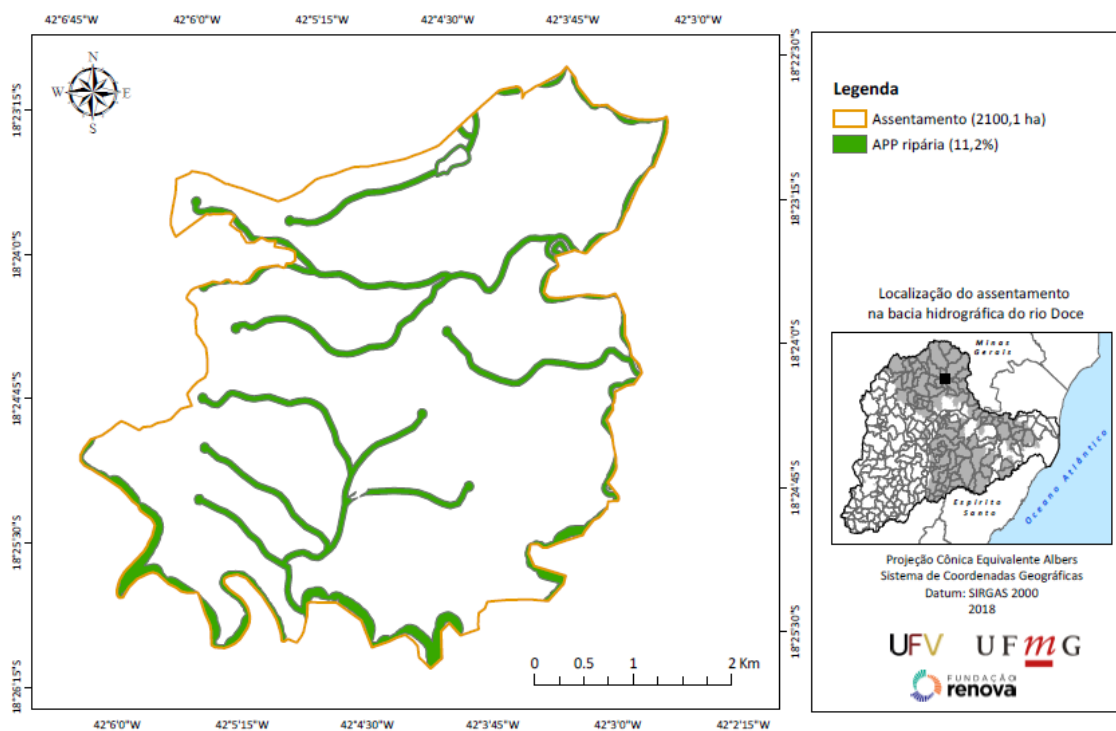


Figura 32. Áreas de APP, PA Formosa Urupuca, São José da Safira, MG

PA IRA AGUIAR

PA Ira Aguiar, Santa Maria do Suacui, MG

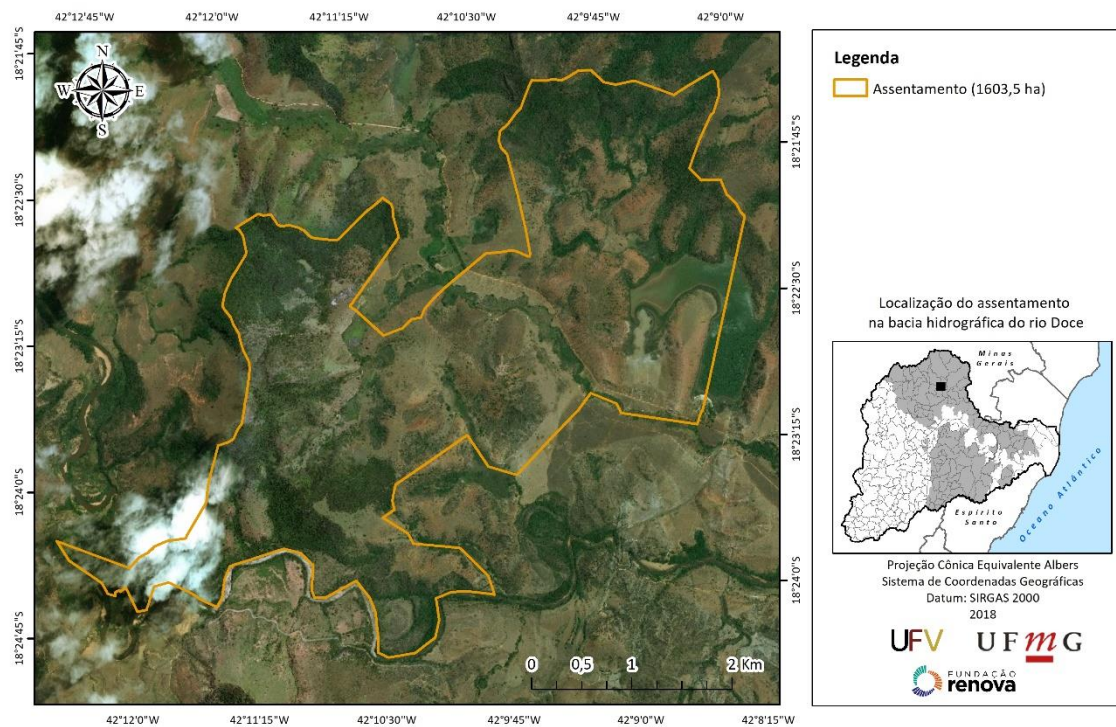


Figura 33. Perímetro do PA Ira Aguiar, Santa Maria do Suacuí, MG

PA Ira Aguiar, Santa Maria do Suaçuí, MG

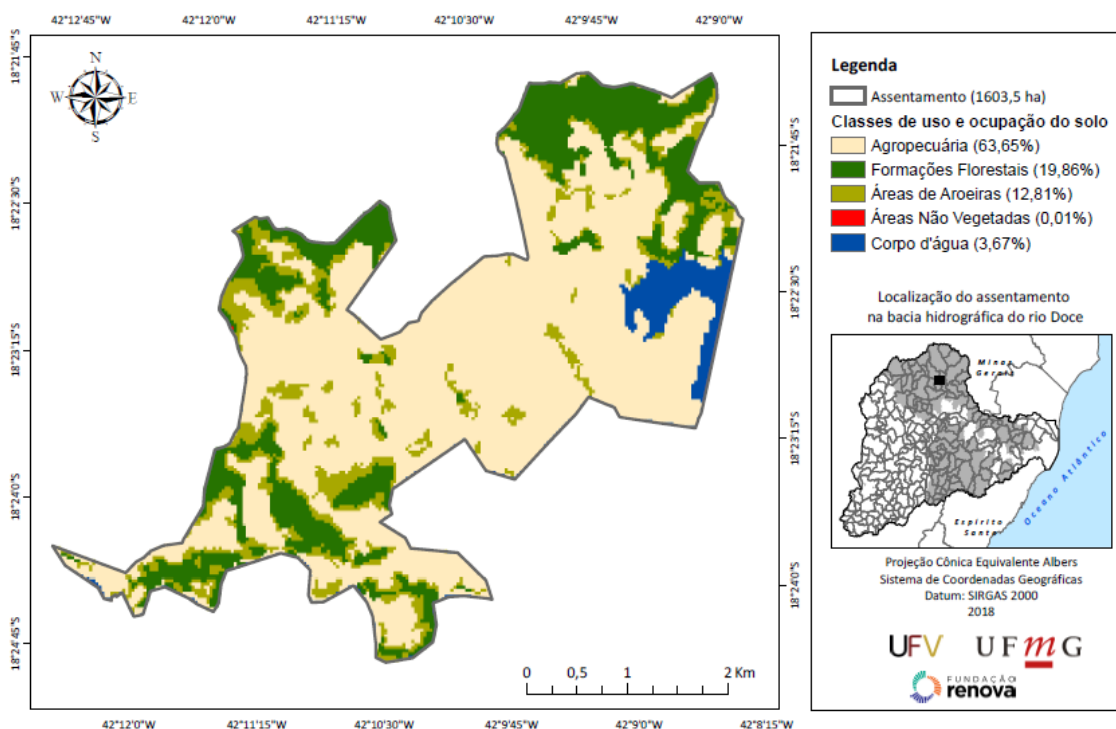


Figura 34. Uso do solo, PA Ira Aguiar, Santa Maria do Suaçuí, MG

PA Ira Aguiar, Santa Maria do Suaçuí, MG

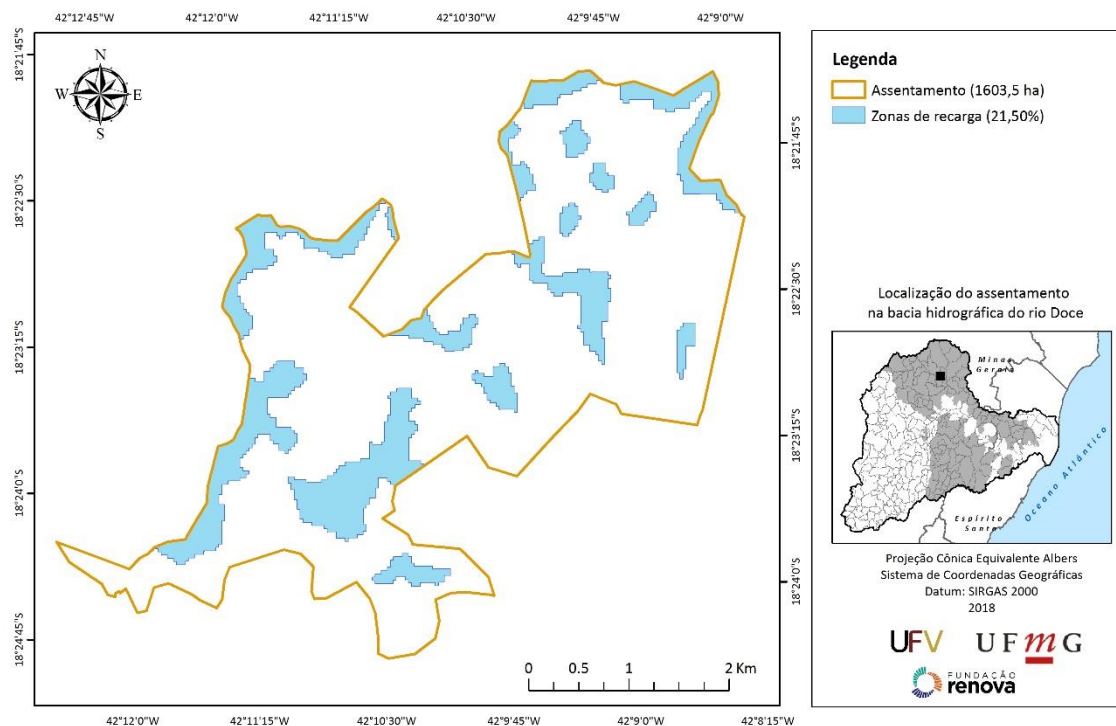


Figura 35. Zonas de recarga hídrica, PA Ira Aguiar, Santa Maria do Suaçuí, MG.

PA Ira Aguiar, Santa Maria do Suacui, MG

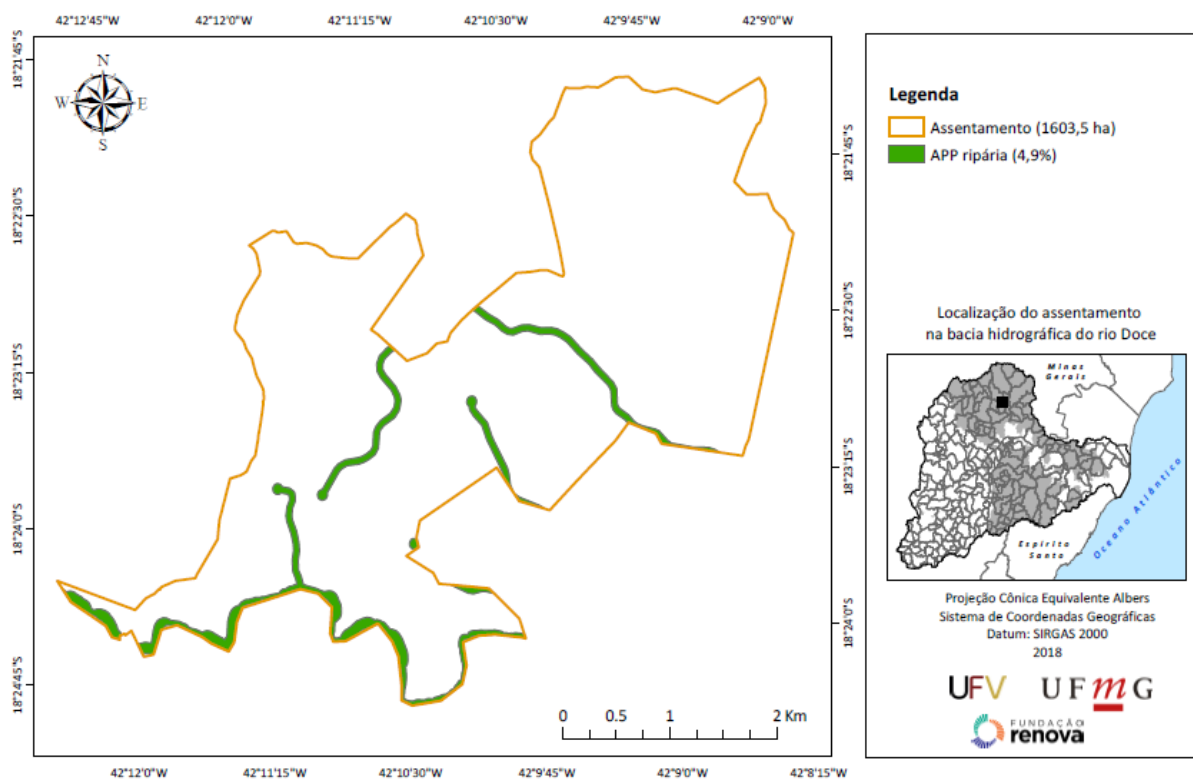


Figura 36. Áreas de APP, PA Ira Aguiar, Santa Maria do Suacuí, MG

PA JOAQUIM NICOLAUDA SILVA

PA Joaquim Nicolau da Silva, Governador Valadares, MG

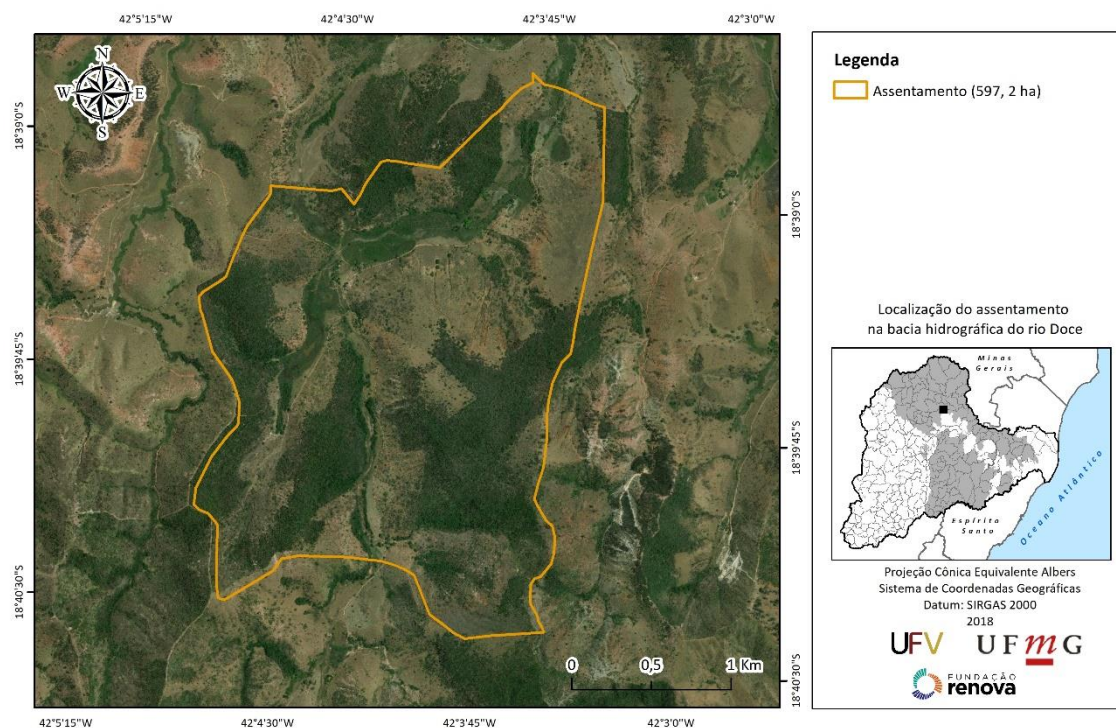


Figura 37. Perímetro do PA Joaquim Nicolau da Silva, Governador Valadares, MG

PA Joaquim Nicolau da Silva, Governador Valadares, MG

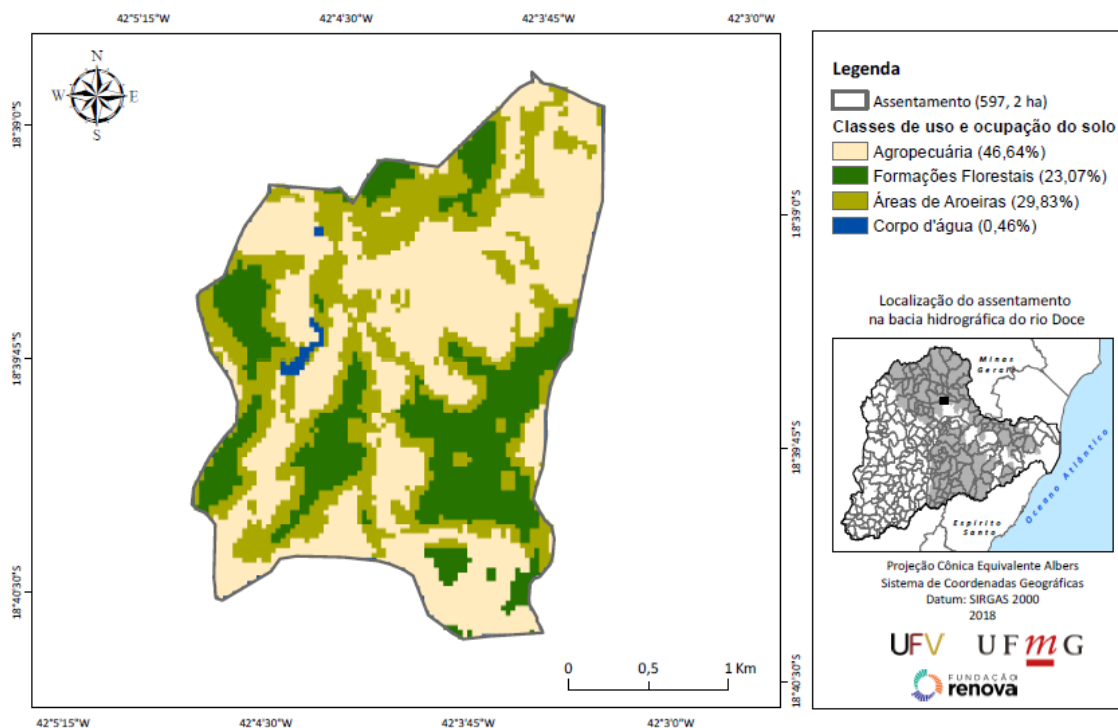


Figura 38. Uso do solo, PA Joaquim Nicolau da Silva, Governador Valadares, MG

PA Joaquim Nicolau da Silva, Governador Valadares, MG

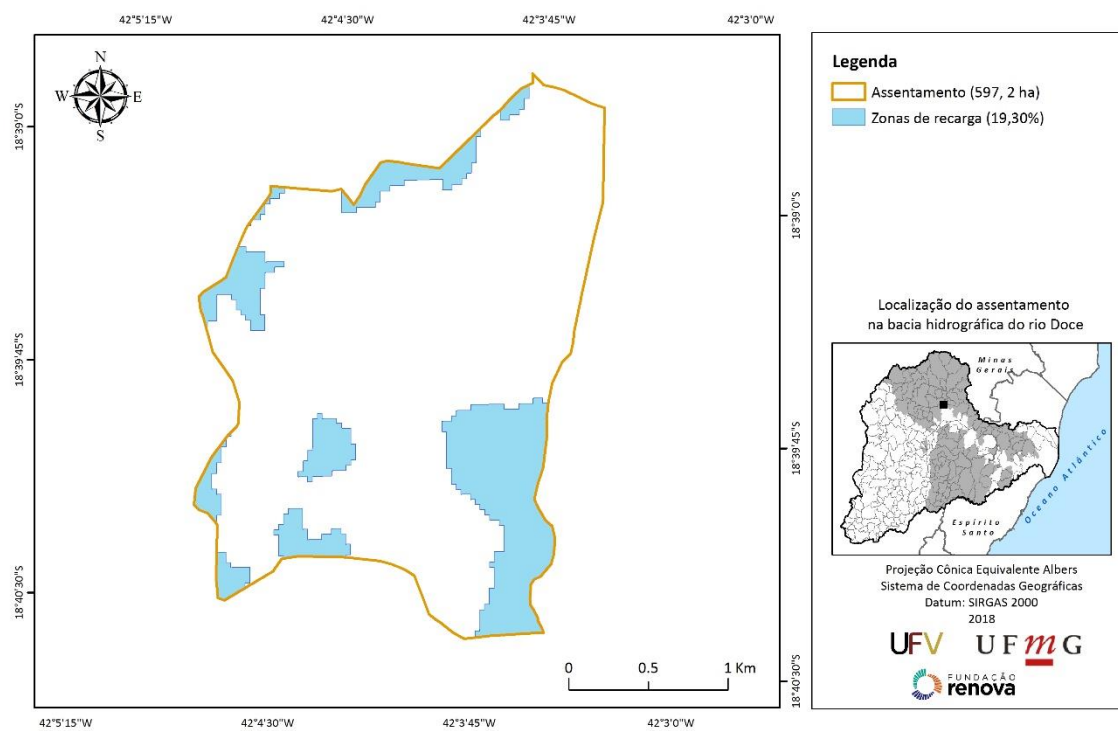


Figura 39. Zonas de recarga hídrica, PA Joaquim Nicolau da Silva, Governador Valadares, MG.

PA Joaquim Nicolau da Silva, Governador Valadares, MG

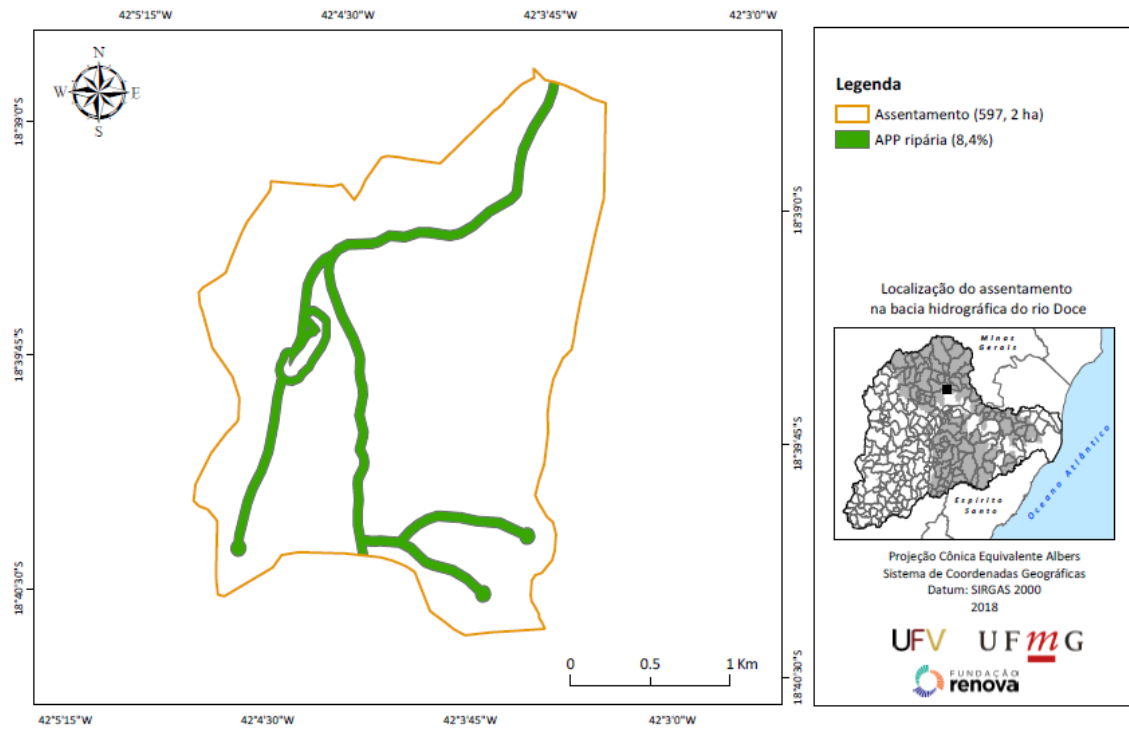


Figura 40. Áreas de APP, PA Joaquim Nicolau da Silva, Governador Valadares, MG

PA LIBERDADE

PA Liberdade, Periquito, MG

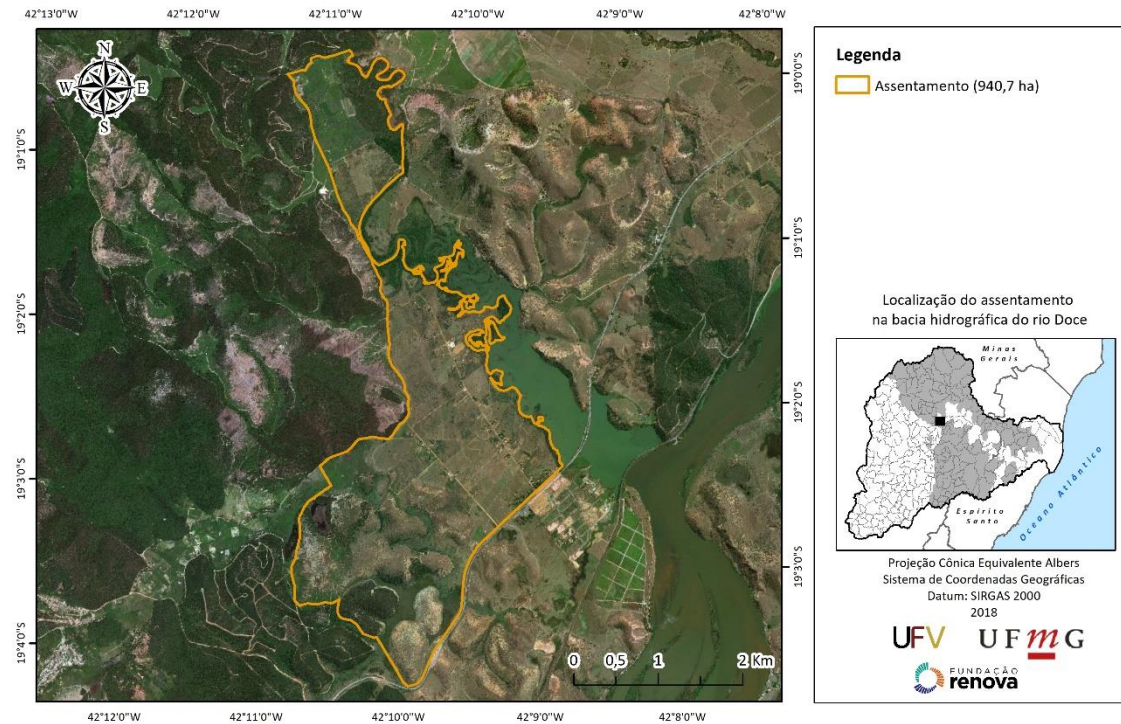


Figura 41. Perímetro do PA Liberdade, Periquito, MG

PA Liberdade, Periquito, MG

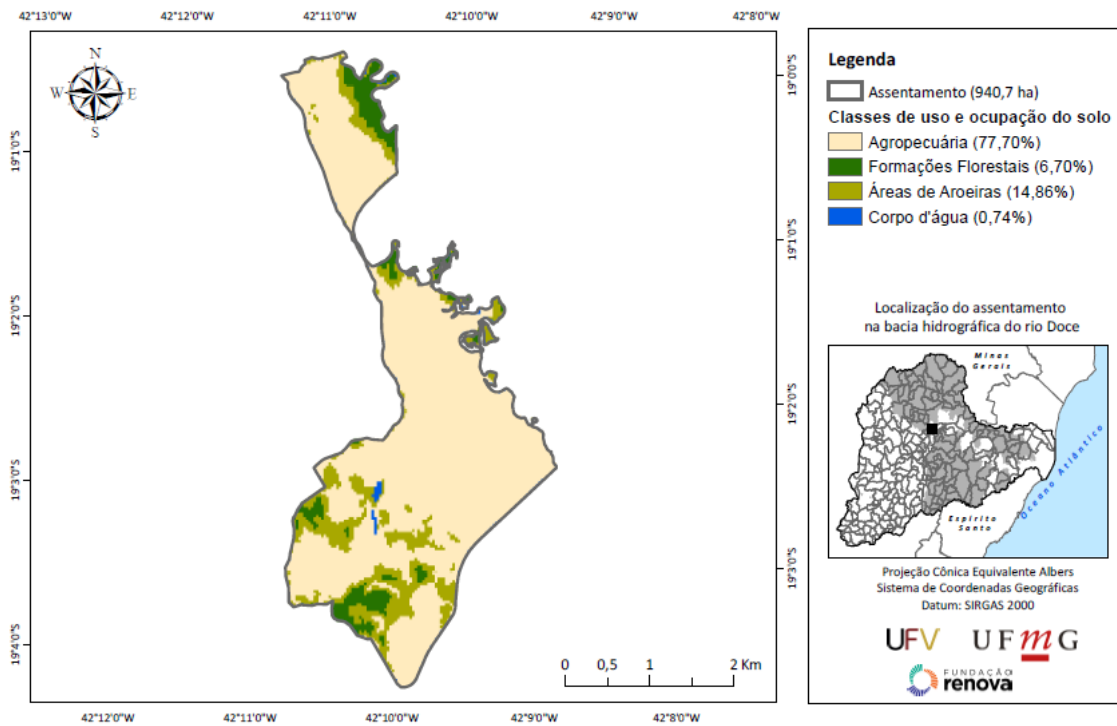


Figura 42. Uso do solo, PA Liberdade, Periquito, MG

PA Liberdade, Periquito, MG

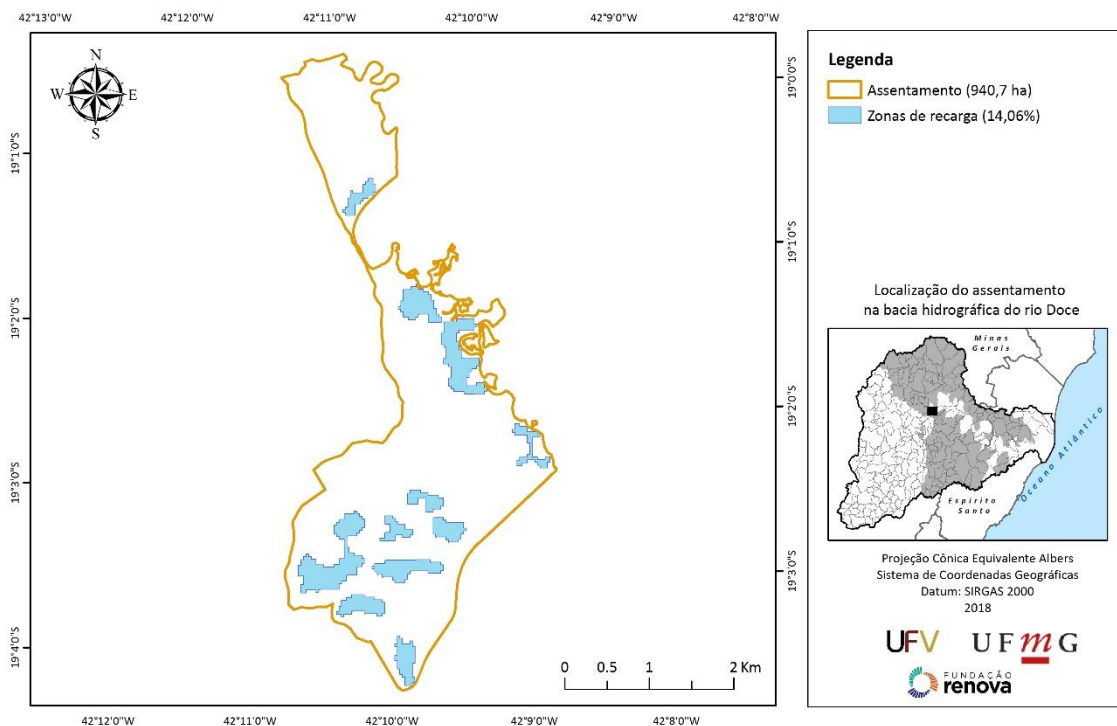


Figura 43. Zonas de recarga hídrica, PA Liberdade, Periquito, MG.

PA Liberdade, Periquito, MG

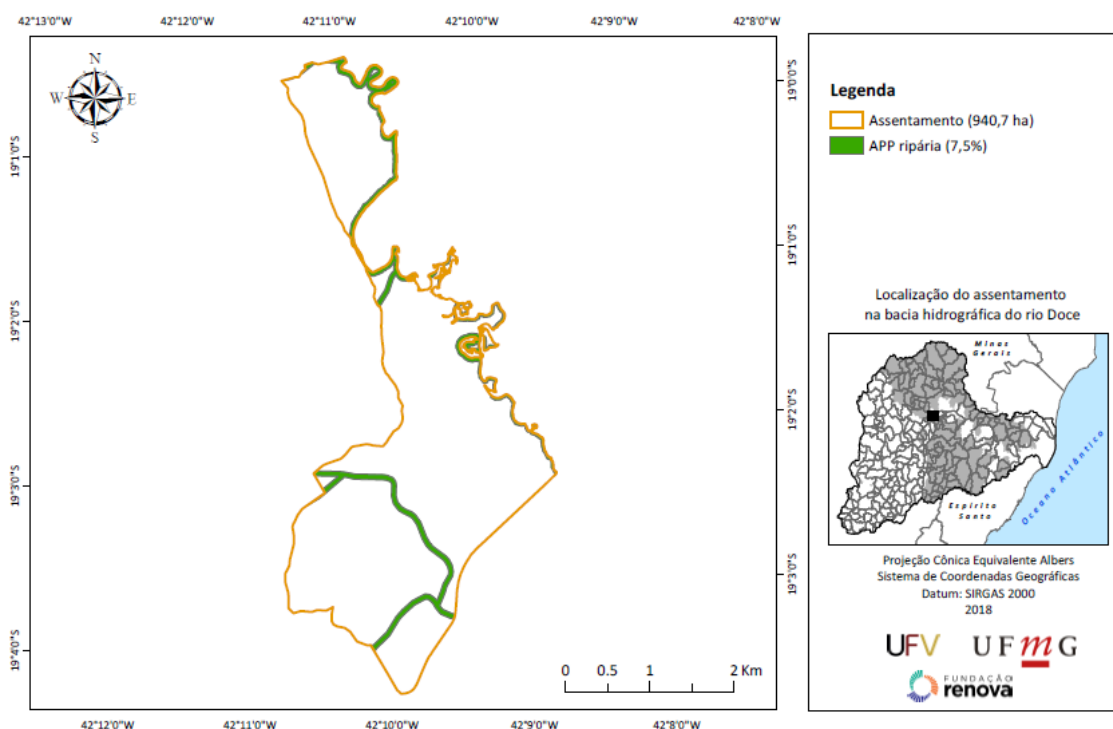


Figura 44. Áreas de APP, PA Liberdade, Periquito, MG

PA PADRE JOSINO

PA Padre Josino, Santa Maria do Suacui, MG

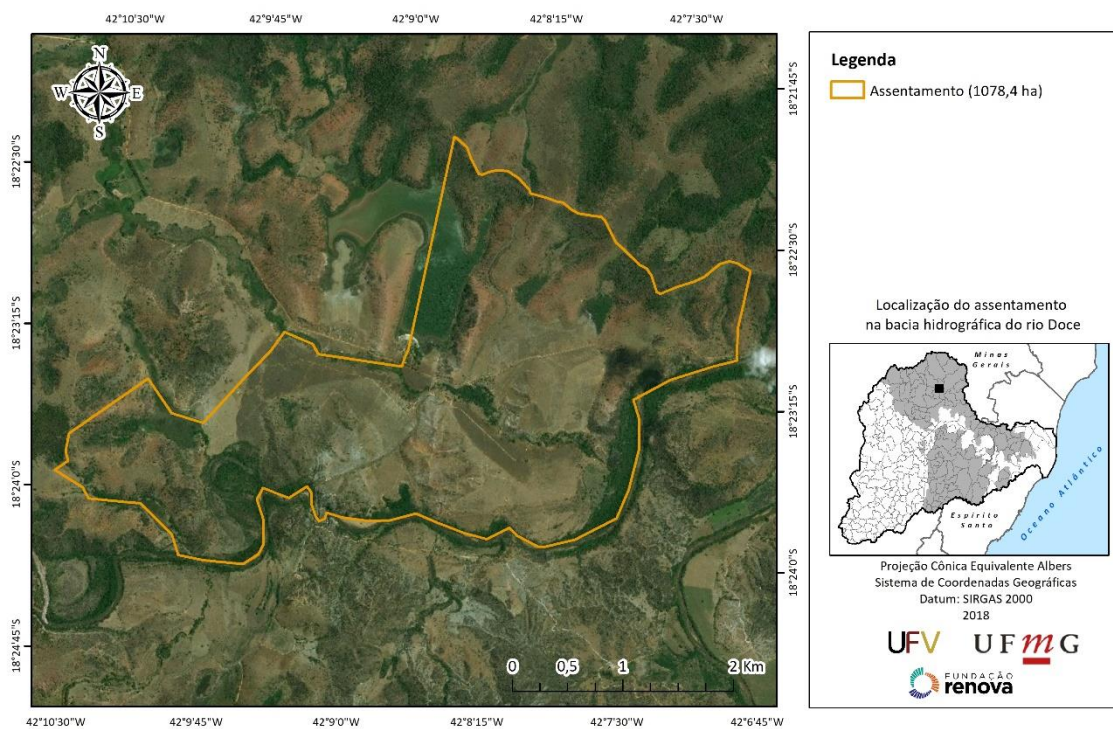


Figura 45. Perímetro do PA Padre Josino, Santa Maria do Suaçuí, MG

PA Padre Josino, Santa Maria do Suaçui, MG

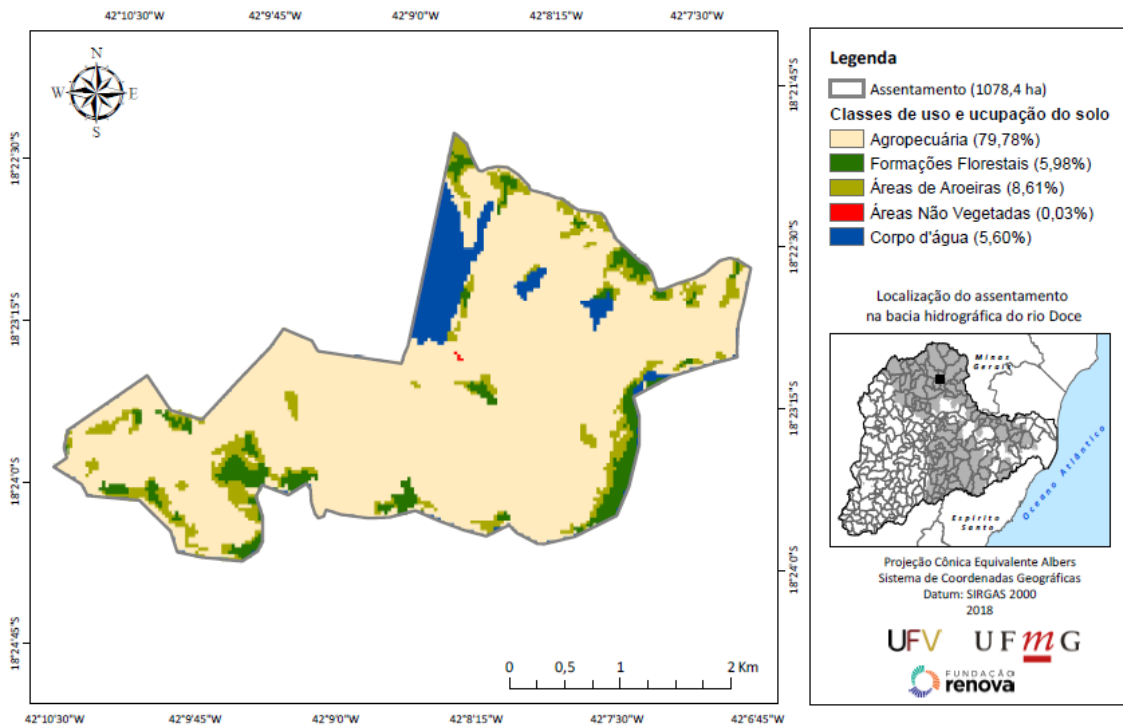


Figura 46. Uso do solo, PA Padre Josino, Santa Maria do Suaçui, MG

PA Padre Josino, Santa Maria do Suaçui, MG

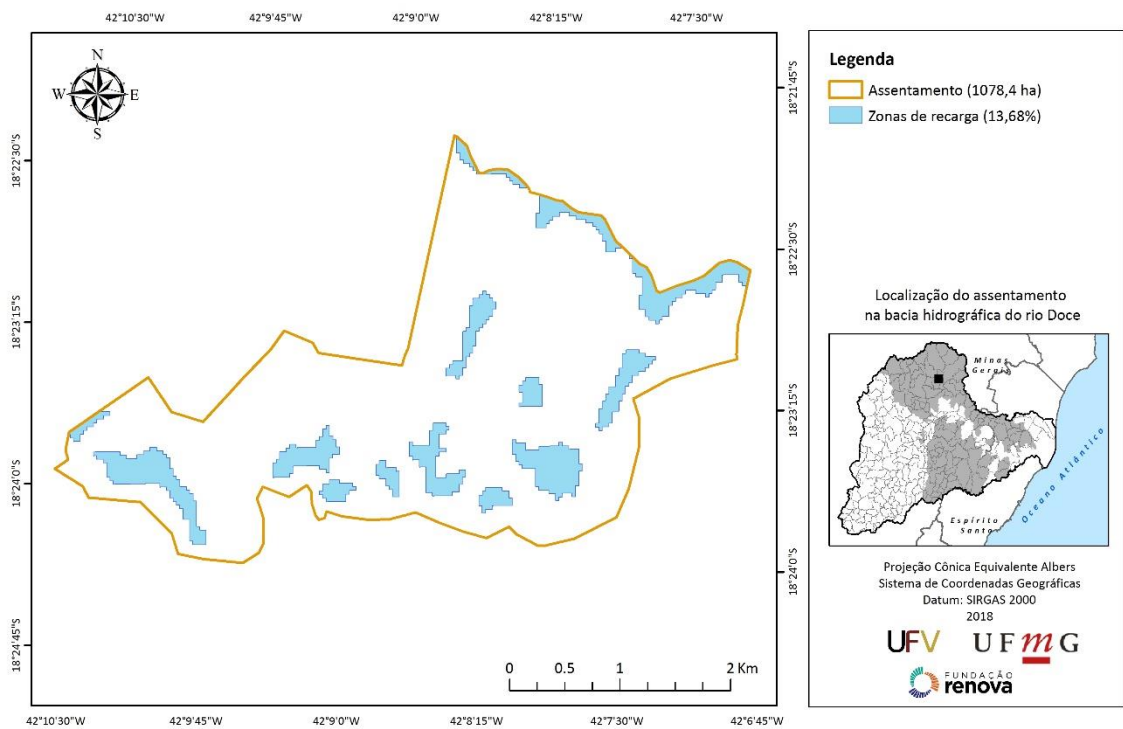


Figura 47. Zonas de recarga hídrica, PA Padre Josino, Santa Maria do Suaçui, MG.

PA Padre Josino, Santa Maria do Suaçui, MG

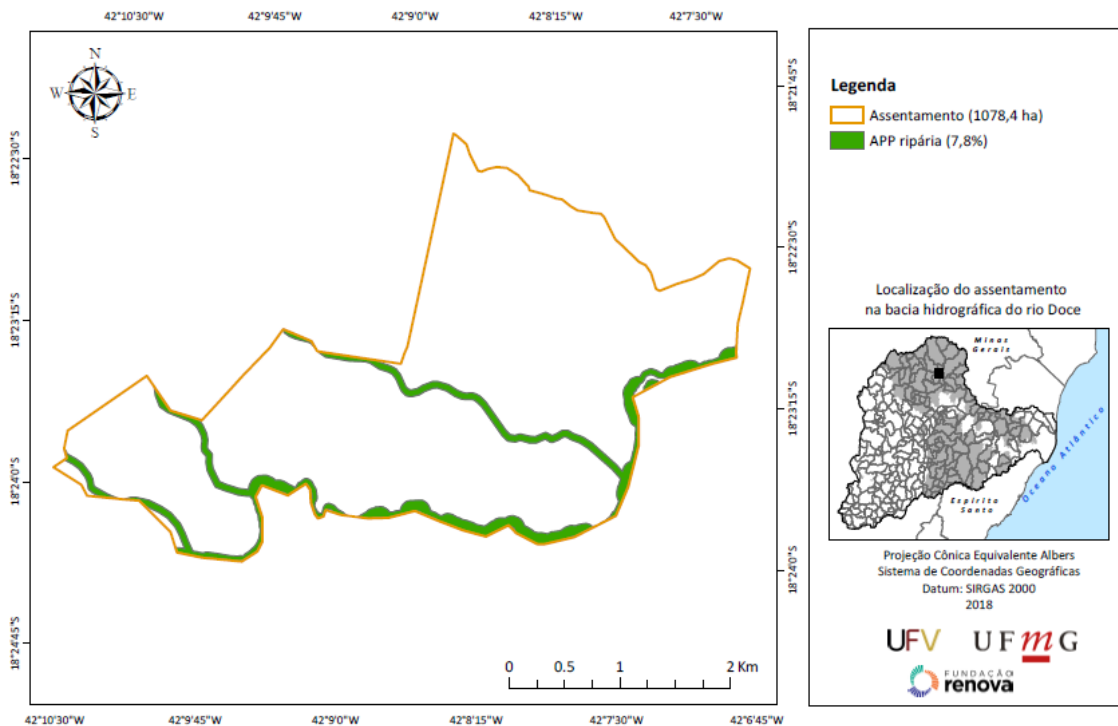


Figura 48. Áreas de APP, PA Padre Josino, Santa Maria do Suaçuí, MG

PA ROSELI NUNES II

PA Roseli Nunes II, Resplendor, MG

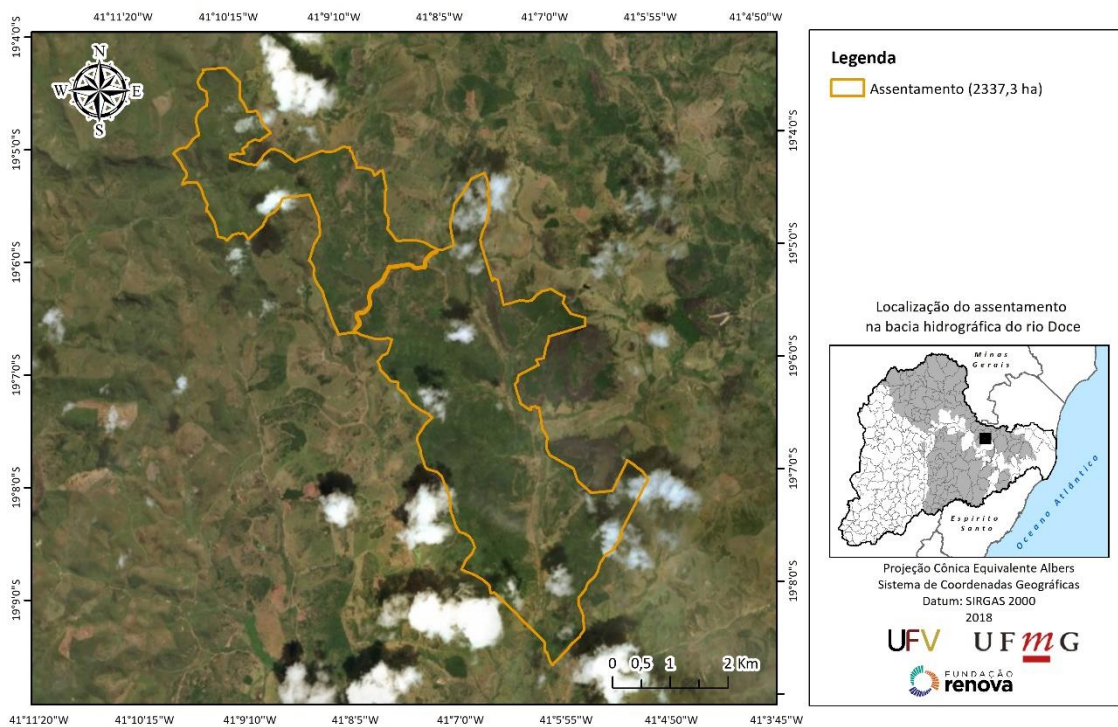


Figura 49. Perímetro do PA Roseli Nunes II, Resplendor, MG

PA Roseli Nunes II, Resplendor, MG

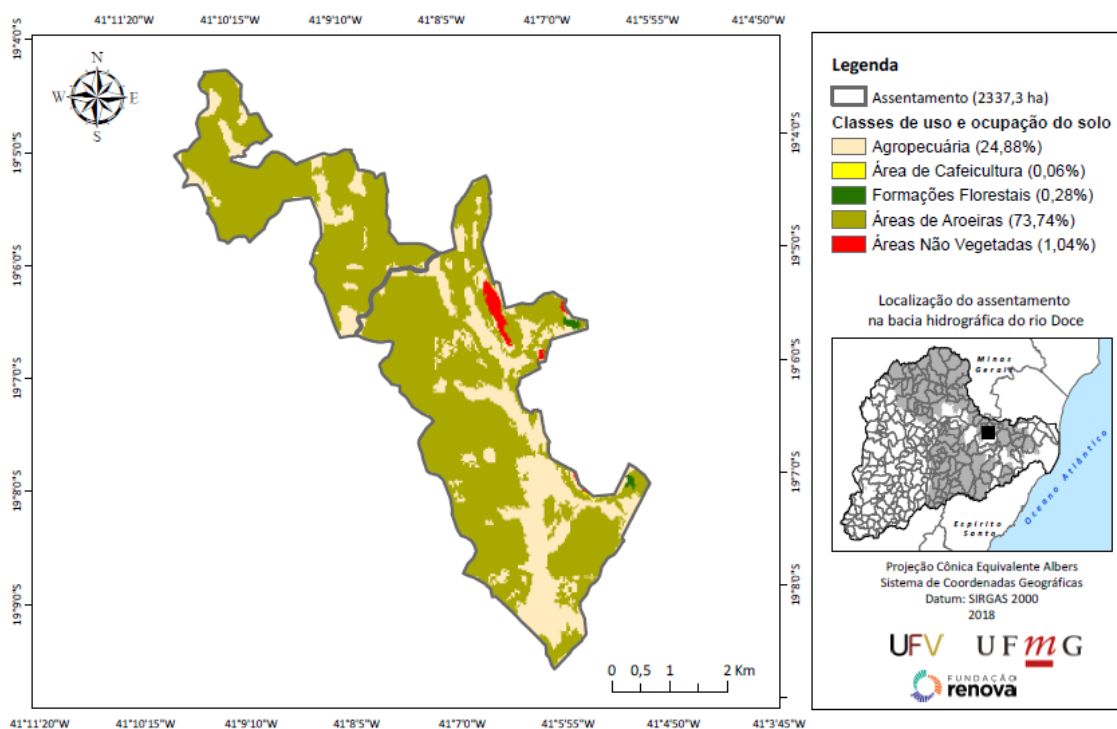


Figura 50. Uso do solo, PA Roseli Nunes II, Resplendor, MG

PA Roseli Nunes II, Resplendor, MG

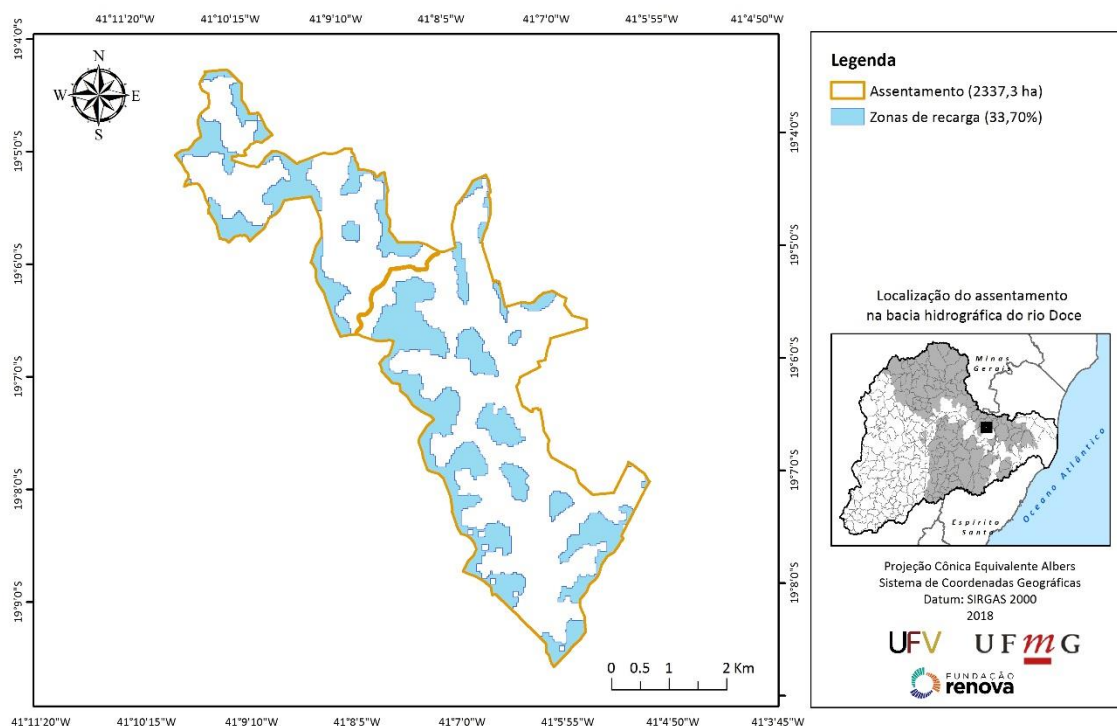


Figura 51. Zonas de recarga hídrica, PA Roseli Nunes II, Resplendor, MG.

PA Roseli Nunes II, Resplendor, MG

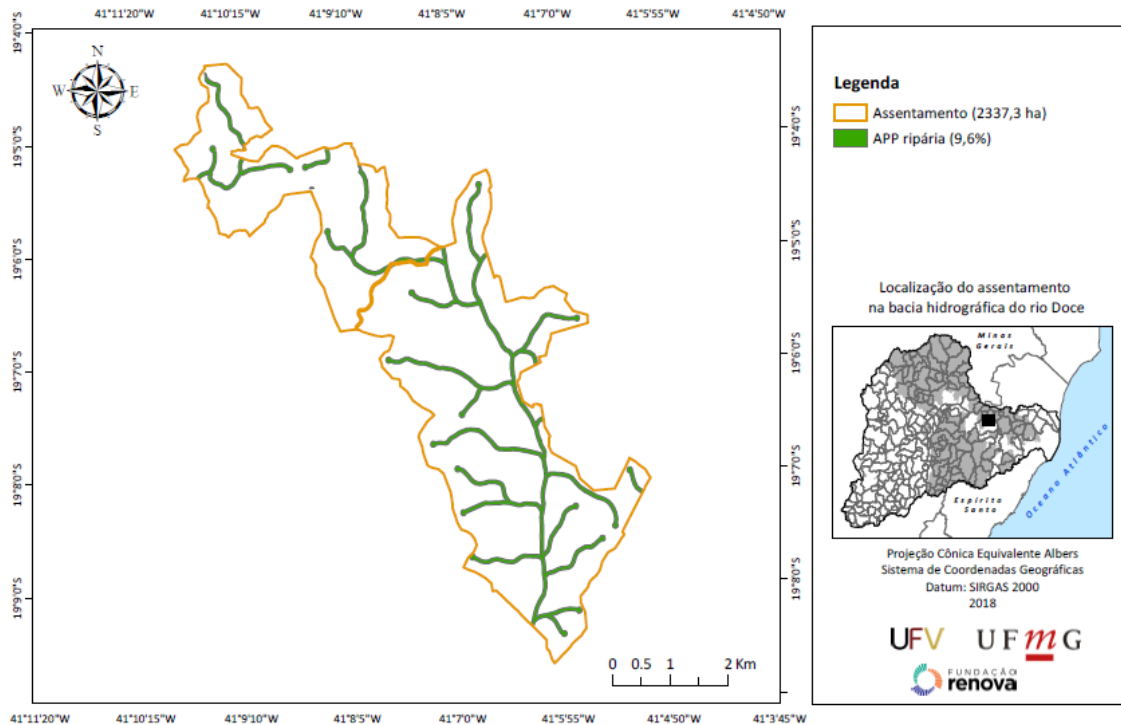


Figura 52. Áreas de APP, PA Roseli Nunes II, Resplendor, MG

PA SANTA MARIA/MONALISA

PA Santa Maria/Monalisa, Jampruca, MG

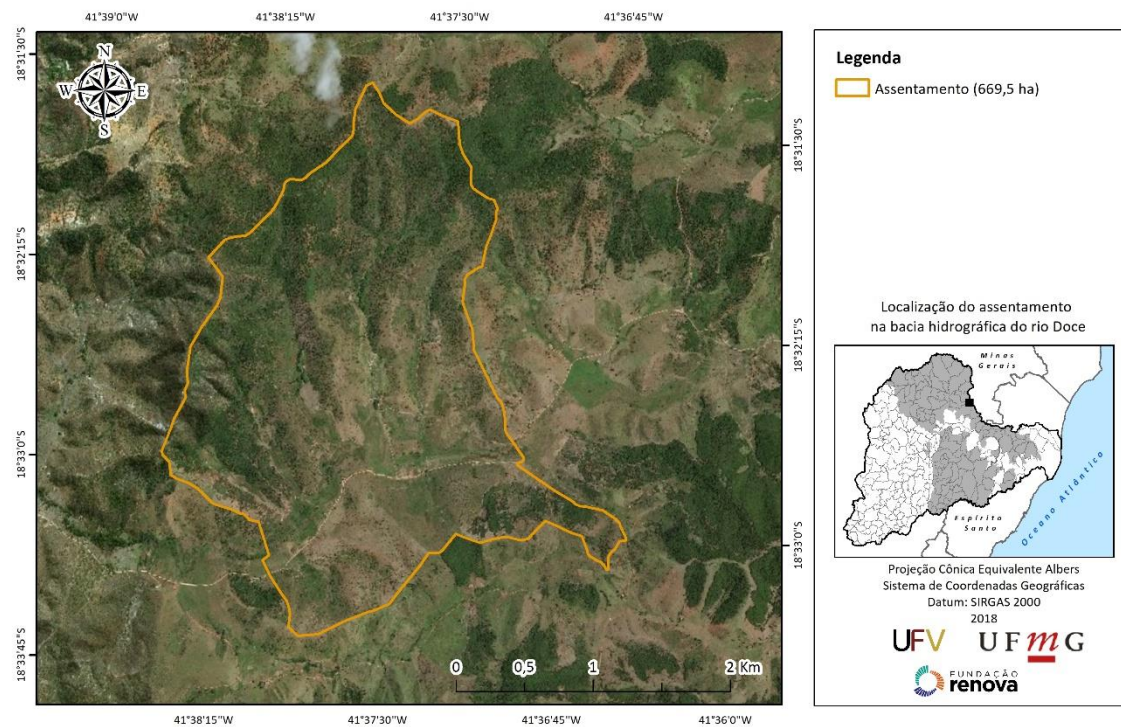


Figura 53. Perímetro do PA Santa Maria/Monalisa, Jampruca, MG

PA Santa Maria/Monalisa, Jampruca, MG

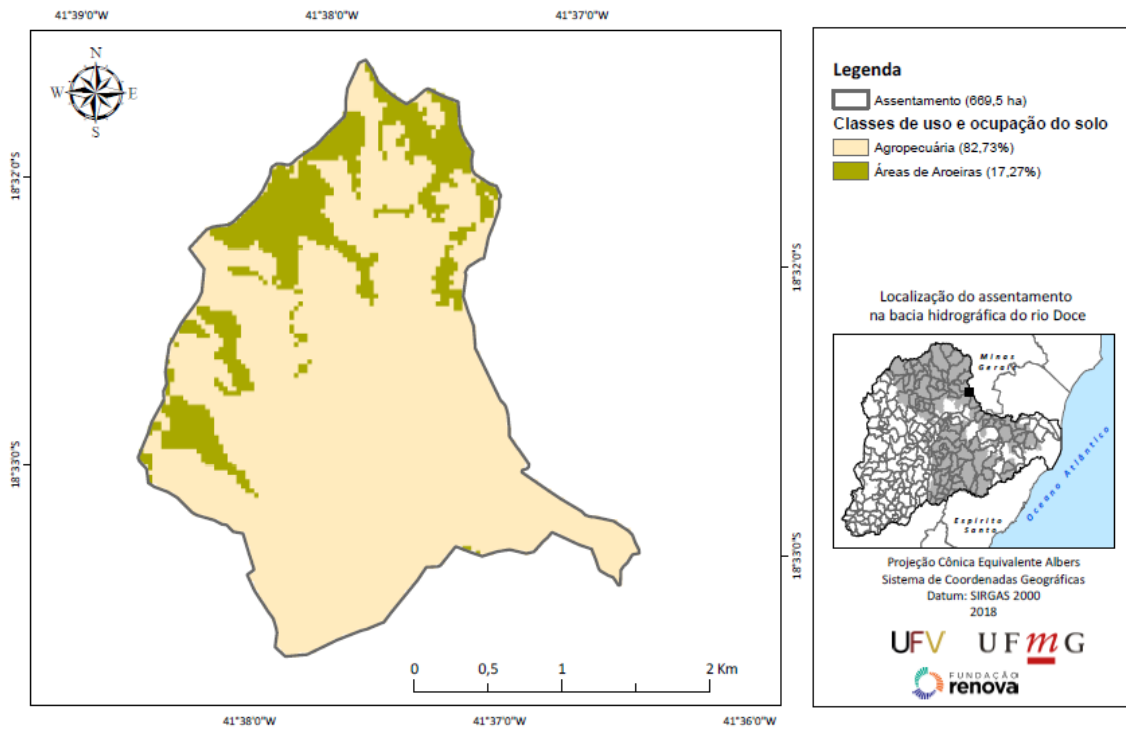


Figura 54. Uso do solo, PA Santa Maria/Monalisa, Jampruca, MG

PA Santa Maria/Monalisa, Jampruca, MG

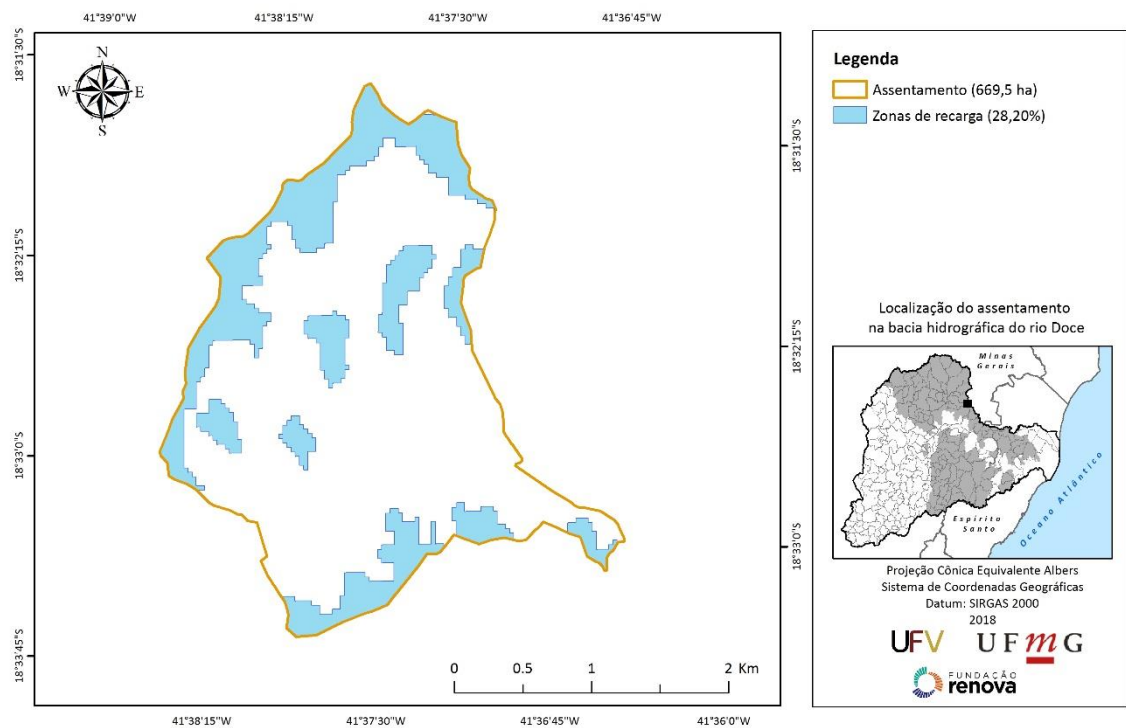


Figura 55. Zonas de recarga hídrica, PA Santa Maria/Monalisa, Jampruca, MG.

PA Santa Maria/Monalisa, Jampruca, MG

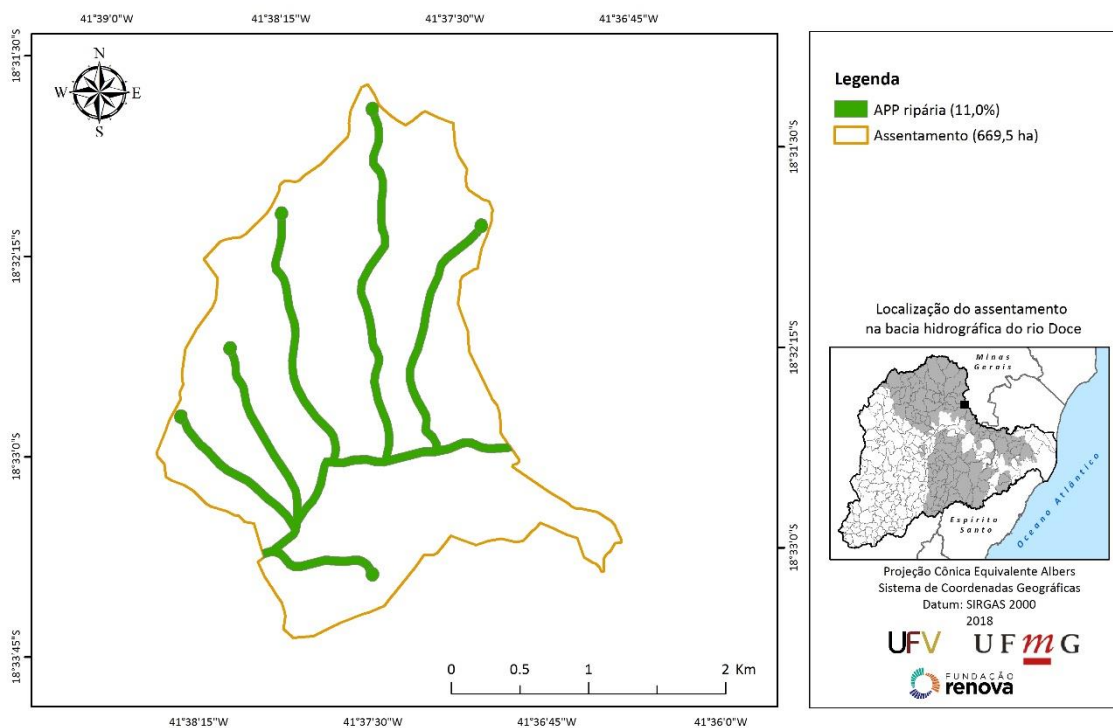


Figura 56. Áreas de APP, PA Santa Maria/Monalisa, Jampruca, MG

PA SANTA MARTHA

PA Santa Martha, Frei Inocência/Jampruca, MG

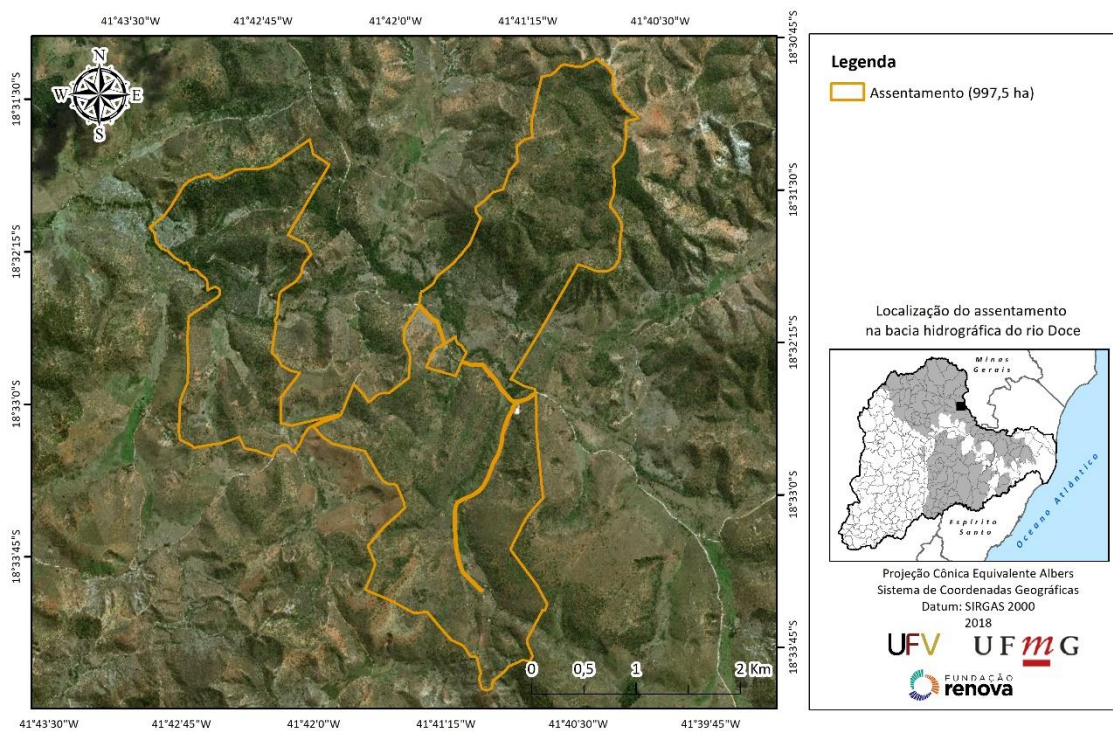


Figura 57. Perímetro do PA Santa Martha, Frei Inocência/Jampruca, MG

PA Santa Martha, Frei Inocência/Jampruca, MG

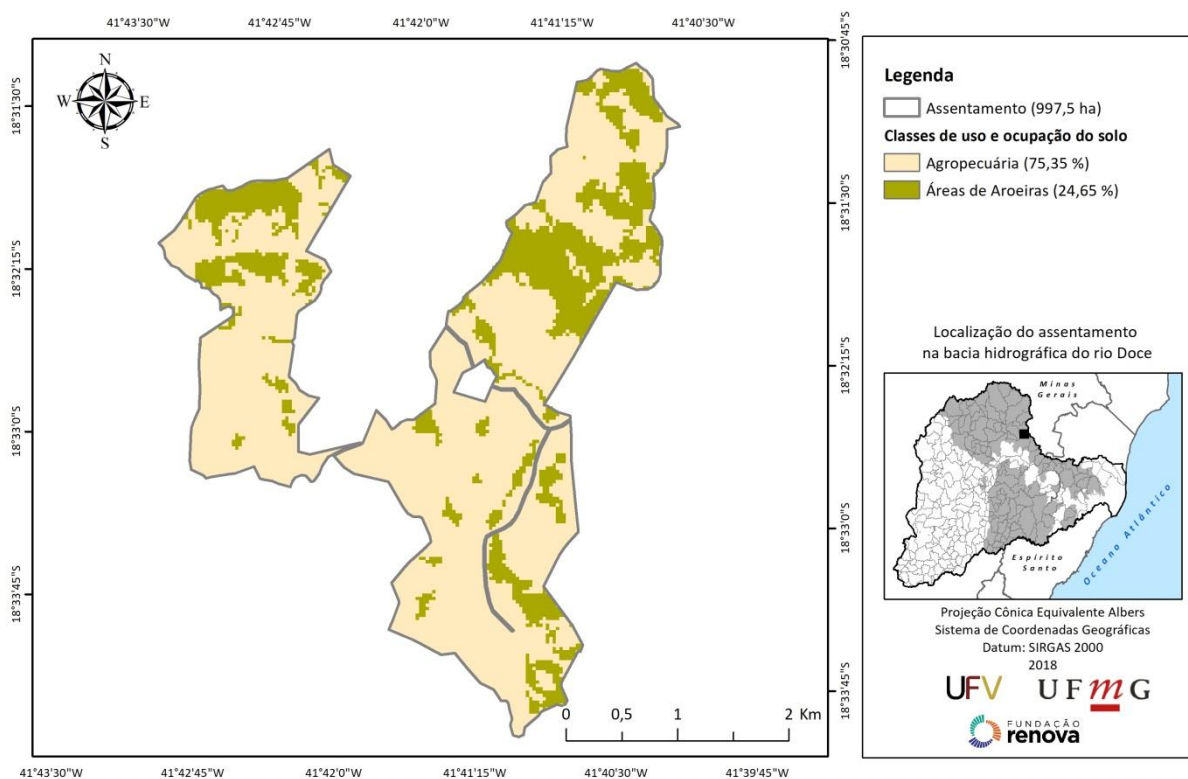


Figura 58. Uso do solo, PA Santa Martha, Frei Inocência/Jampruca, MG

PA Santa Martha, Frei Inocência/Jampruca, MG

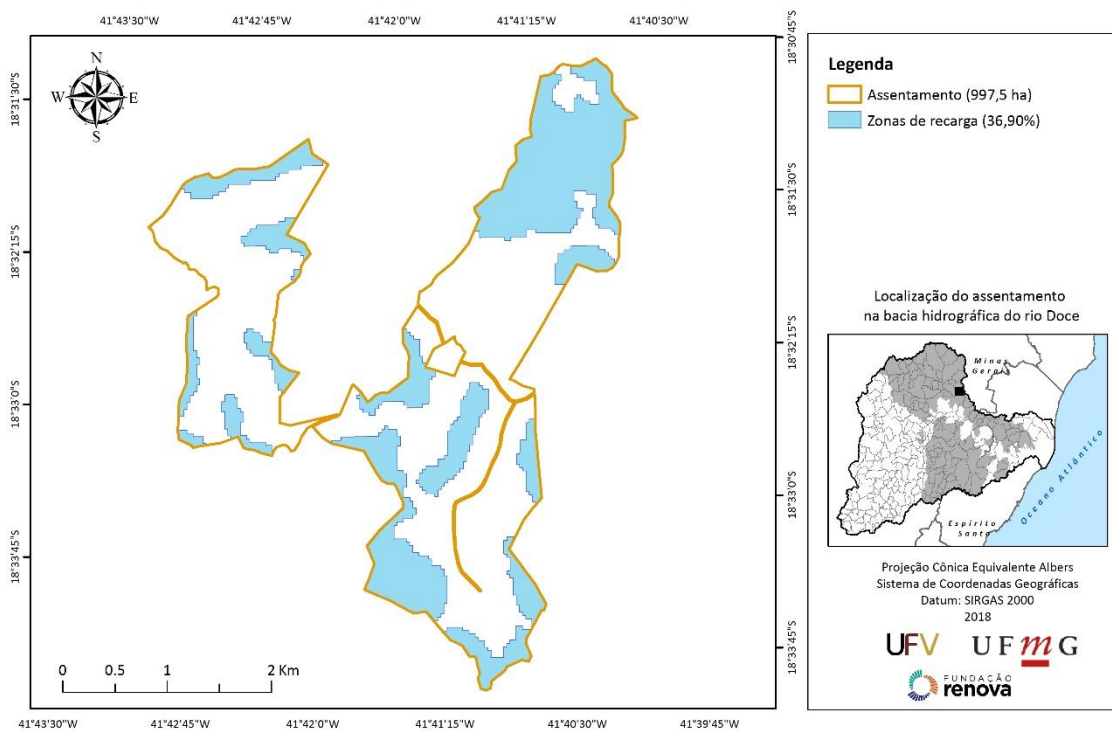


Figura 59. Zonas de recarga hídrica, PA Santa Martha, Frei Inocência/Jampruca, MG.

PA Santa Martha, Frei Inocência/Jampruca, MG

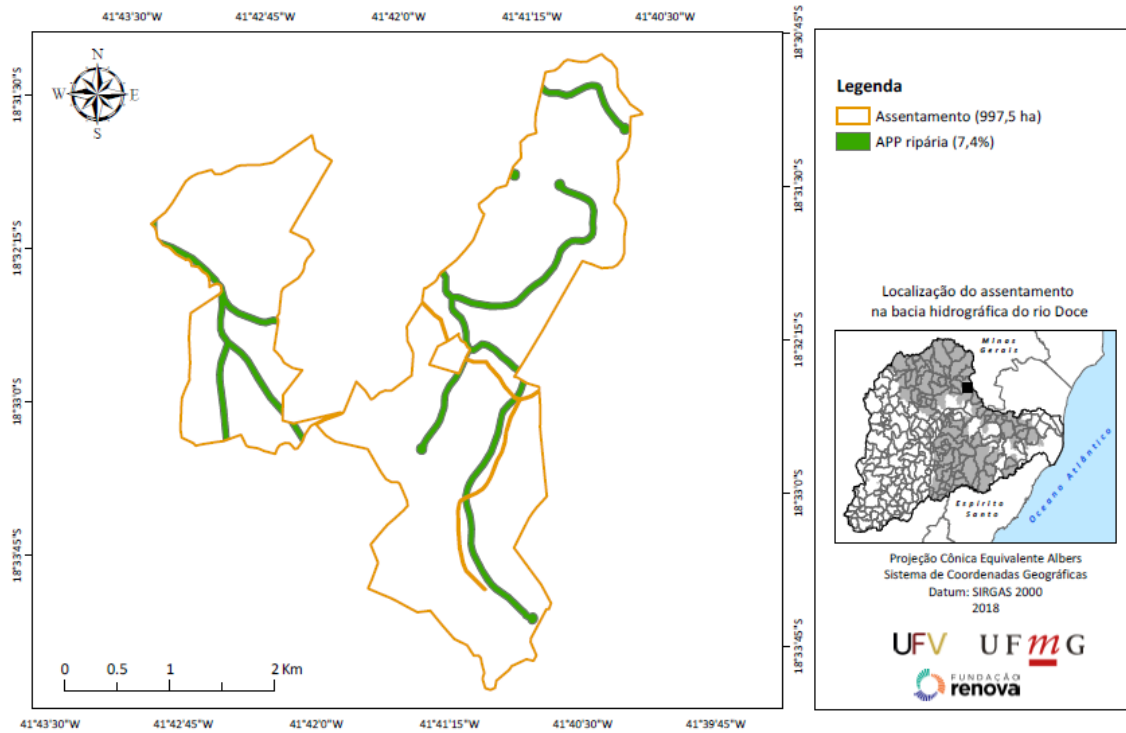


Figura 60. Áreas de APP, PA Santa Martha, Frei Inocência/Jampruca, MG

PA SÃO SEBASTIÃO

PA São Sebastião, Tarumirim, MG

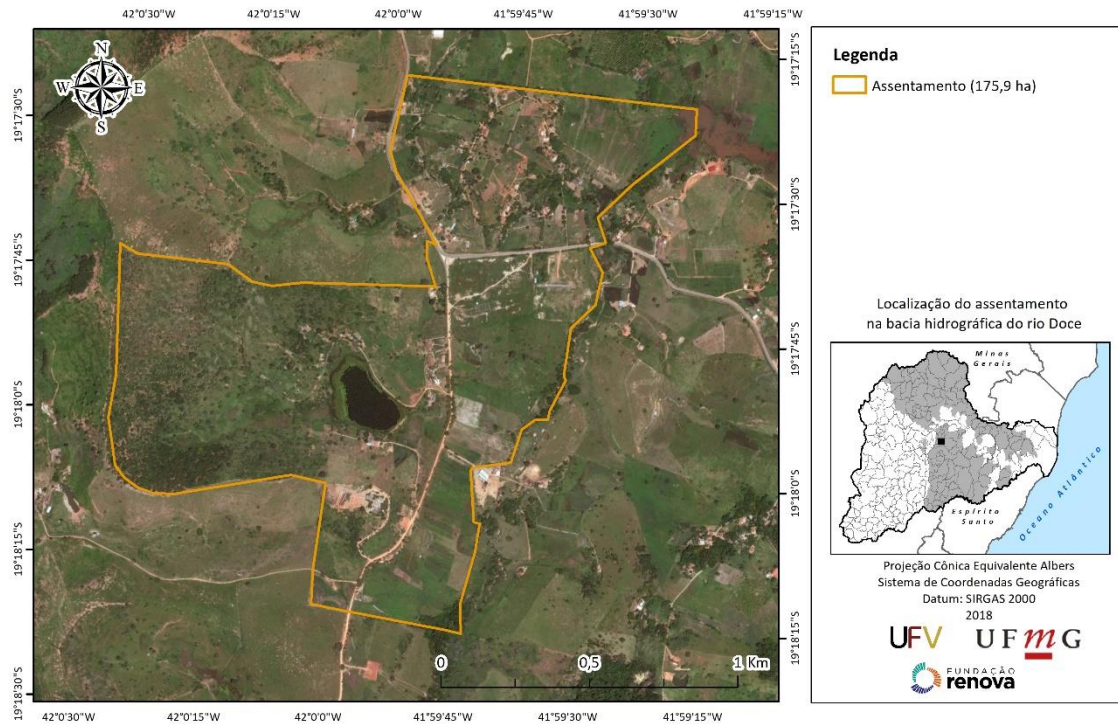


Figura 61. Perímetro do PA São Sebastião, Tarumirim, MG

PA São Sebastião, Tarumirim, MG

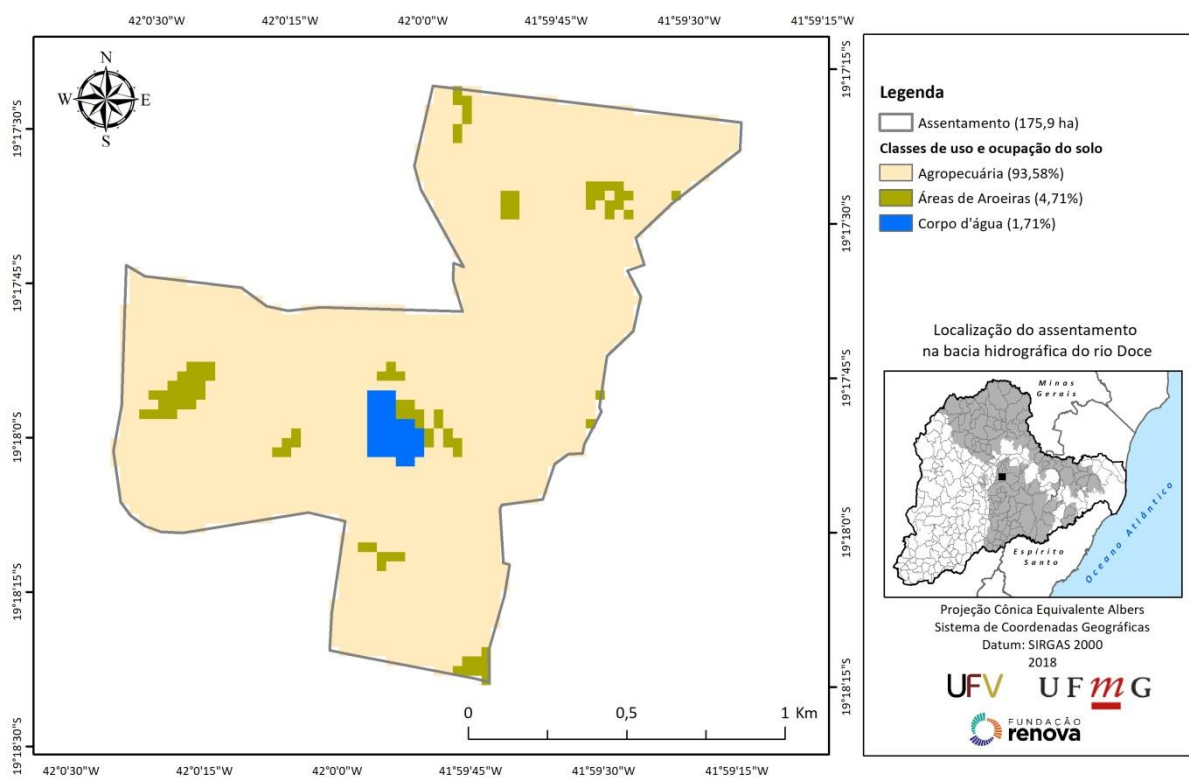


Figura 62. Uso do solo, PA São Sebastião, Tarumirim, MG

PA São Sebastião, Tarumirim, MG

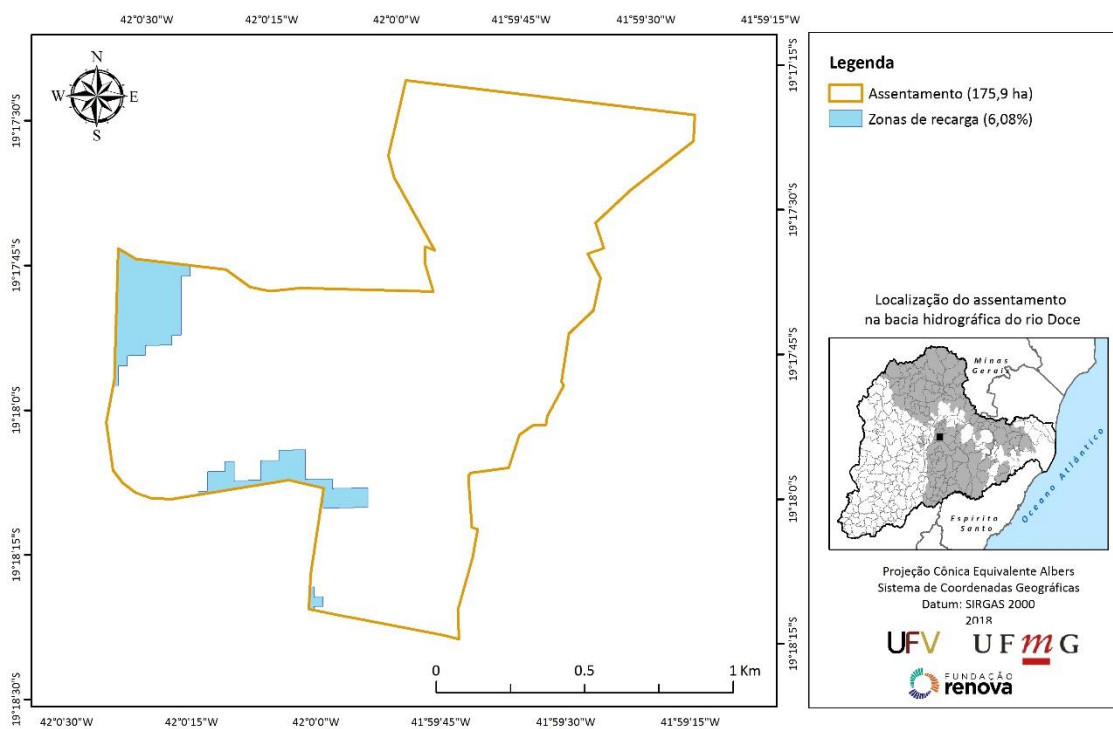


Figura 63. Zonas de recarga hídrica, PA São Sebastião, Tarumirim, MG.

PA São Sebastião, Tarumirim, MG

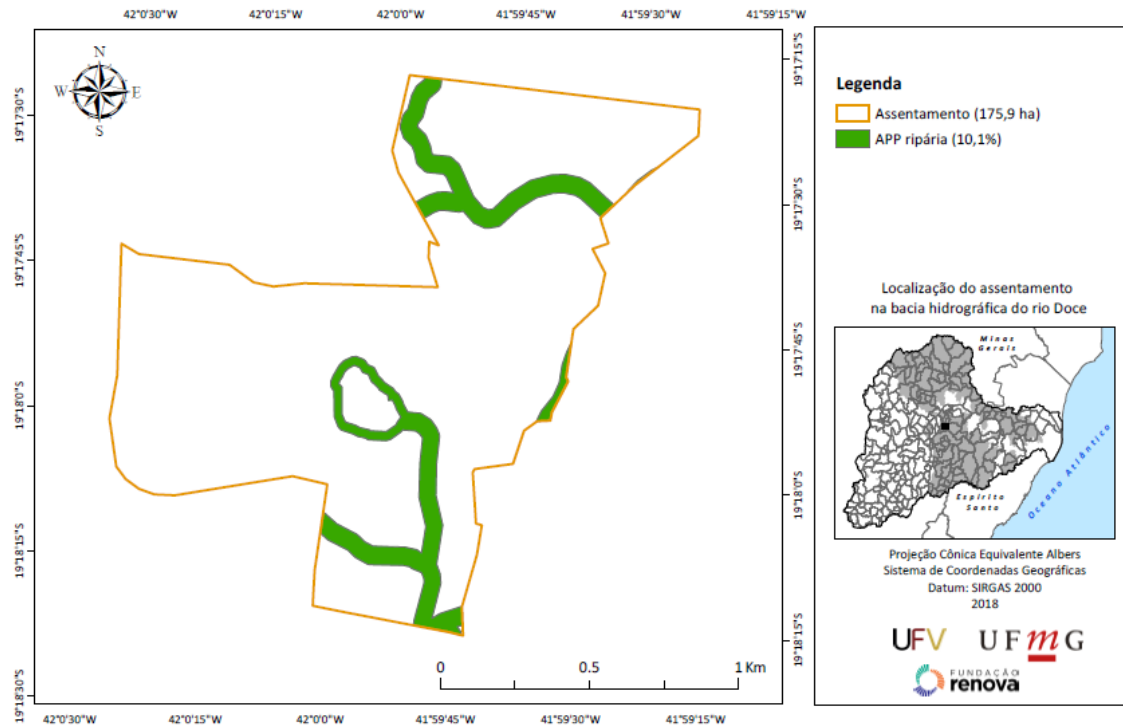


Figura 64. Áreas de APP, PA São Sebastião, Tarumirim, MG

PA ULISSES OLIVEIRA

PA Ulisses de Oliveira, Jampruca, MG

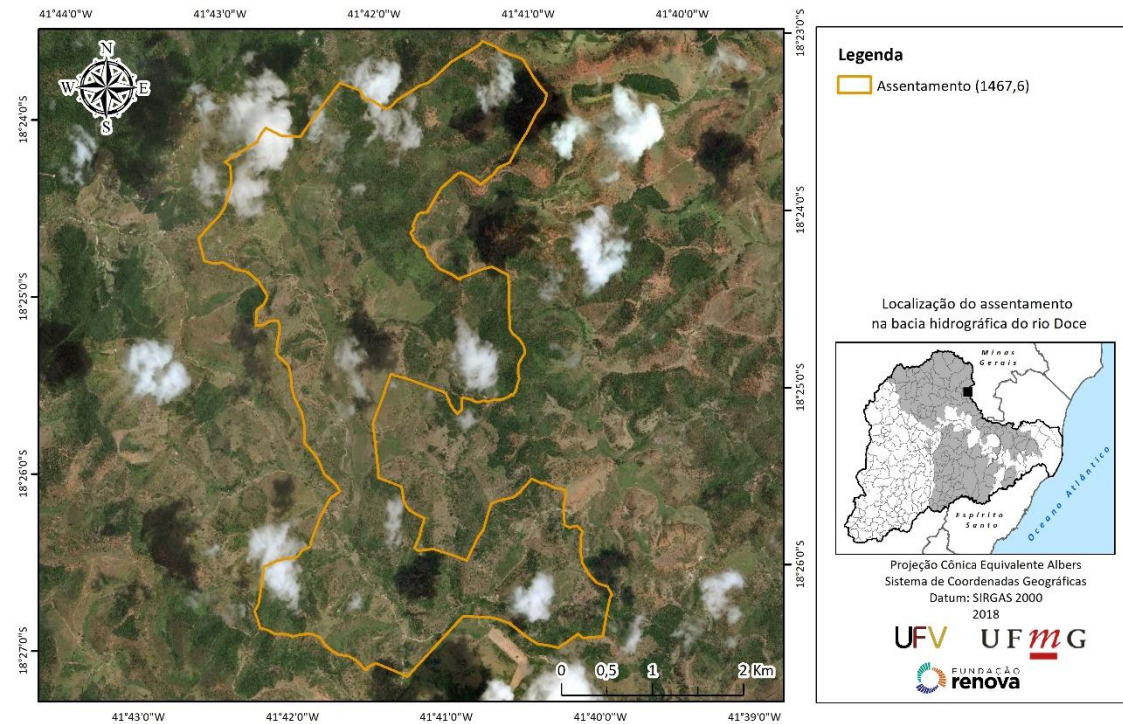


Figura 65. Perímetro do PA Ulisses de Oliveira, Jampruca, MG

PA Ulisses de Oliveira, Jampruca, MG

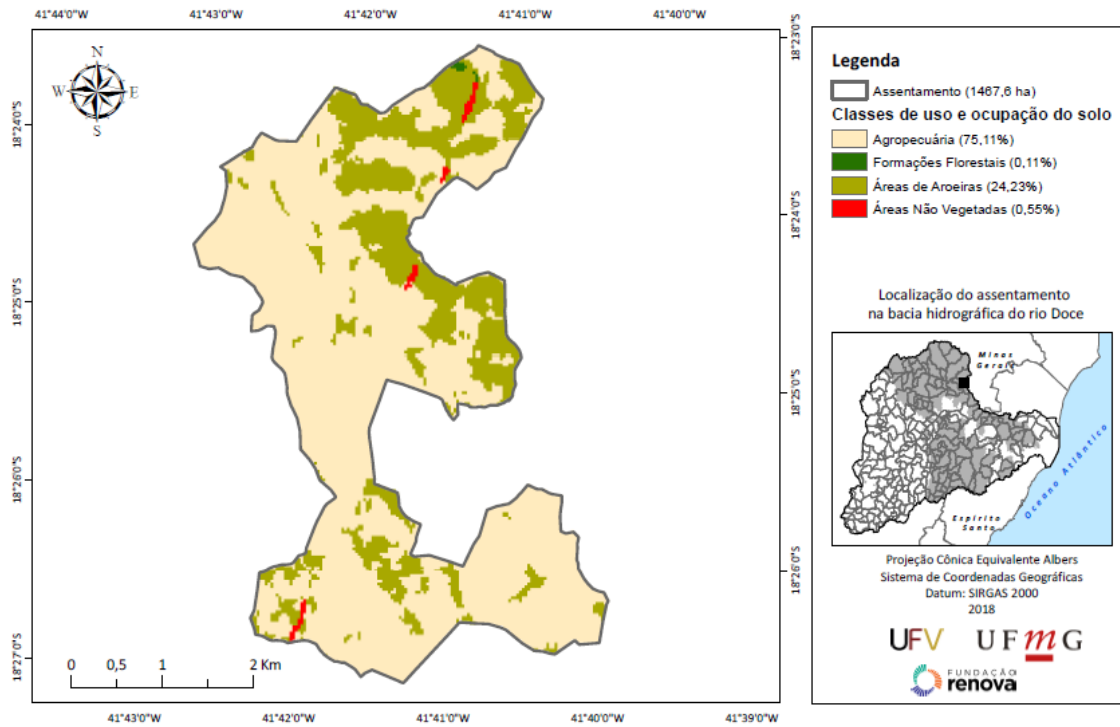


Figura 66. Uso do solo, PA Ulisses de Oliveira, Jampruca, MG

PA Ulisses de Oliveira, Jampruca, MG

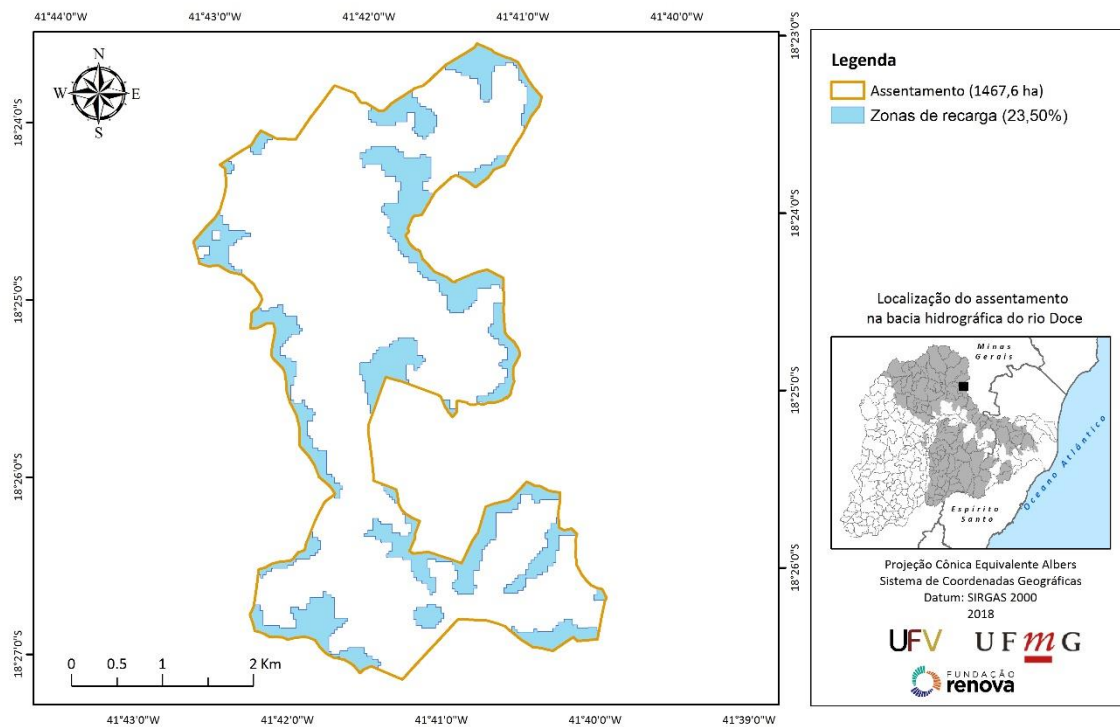


Figura 67. Zonas de recarga hídrica, PA Ulisses de Oliveira, Jampruca, MG.

PA Ulisses de Oliveira, Jampruca, MG

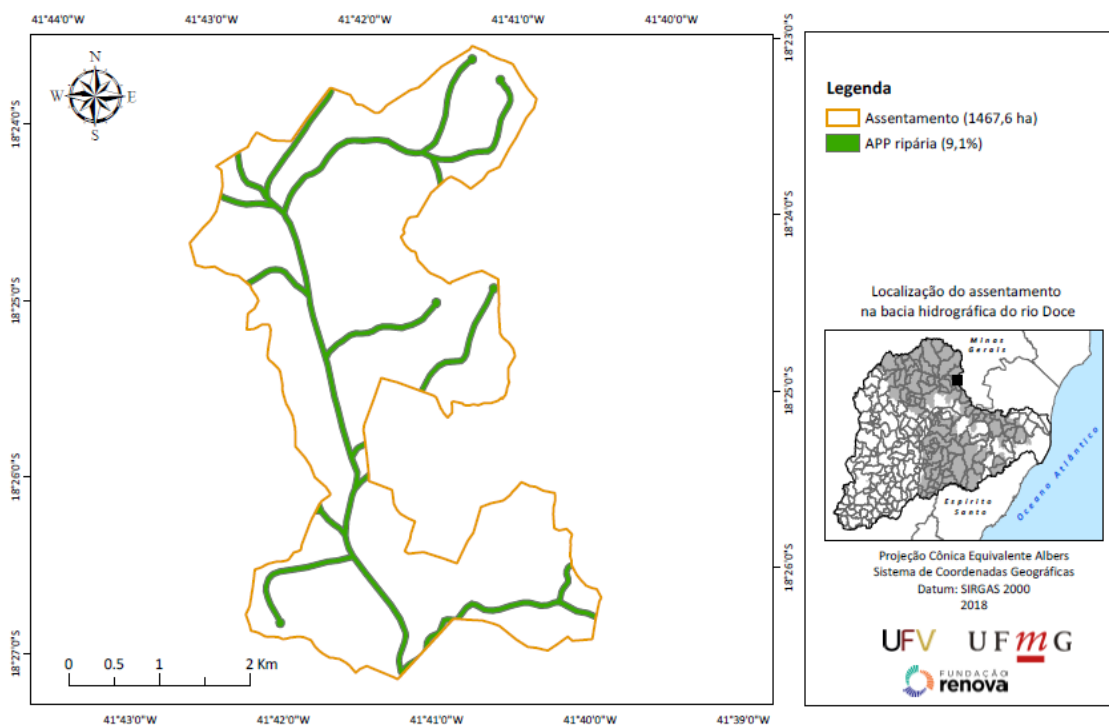


Figura 68. Áreas de APP, PA Ulisses de Oliveira, Jampruca, MG.

4.3.3. Assentamentos rurais no Espírito Santo

PA BEIJA FLOR

PA Beija Flor, Alto Rio Novo, ES

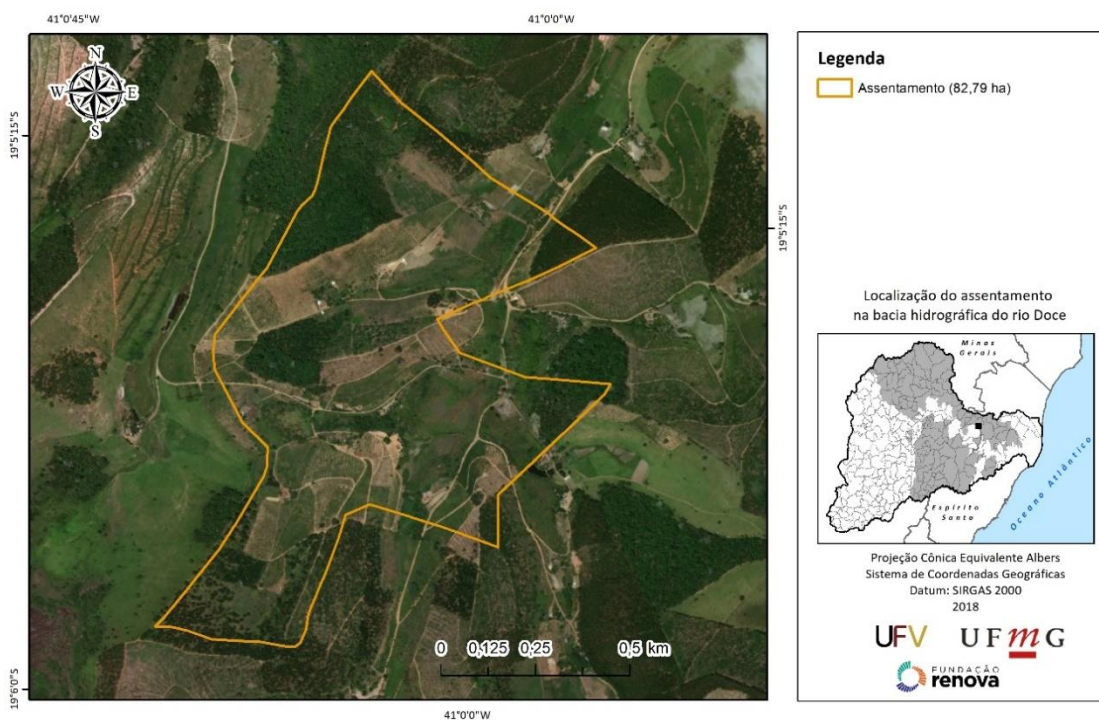


Figura 69. Perímetro PA Beija Flor, Alto Rio Novo, ES

PA Beija Flor, Alto Rio Novo, ES

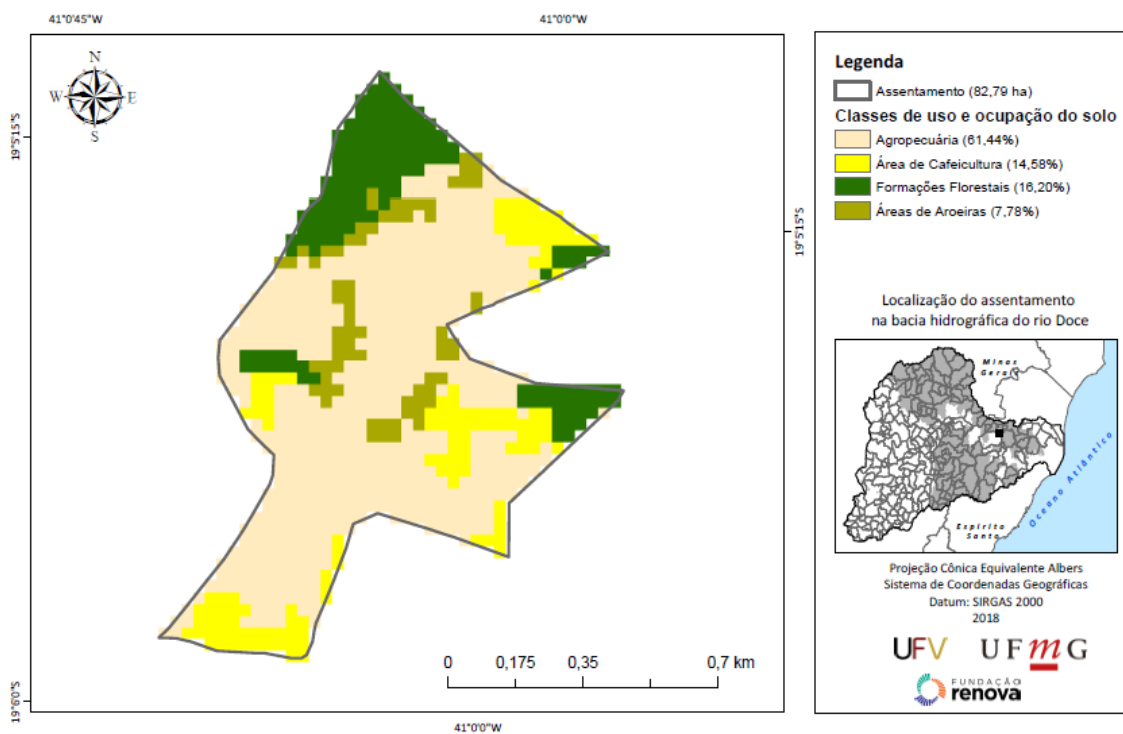


Figura 70. Uso do solo, PA Beija Flor, Alto Rio Novo, ES

PA Beija Flor, Alto Rio Novo, ES

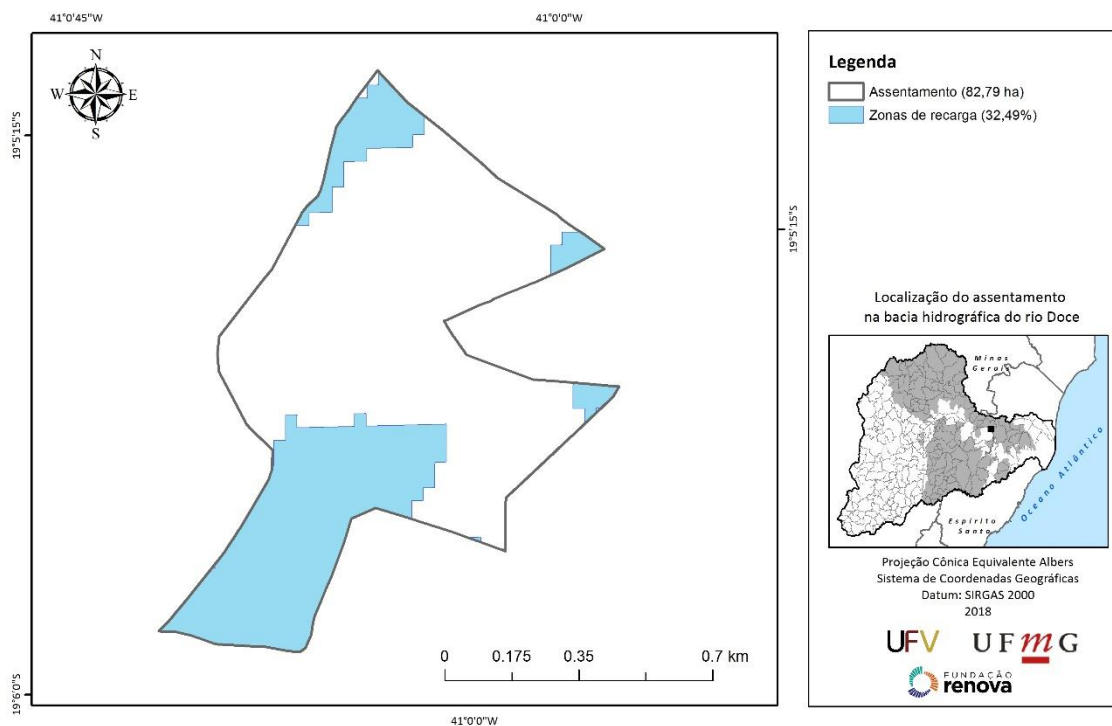


Figura 71. Zonas de recarga, PA Beija Flor, Alto Rio Novo, ES

PA Beija Flor, Alto Rio Novo, ES

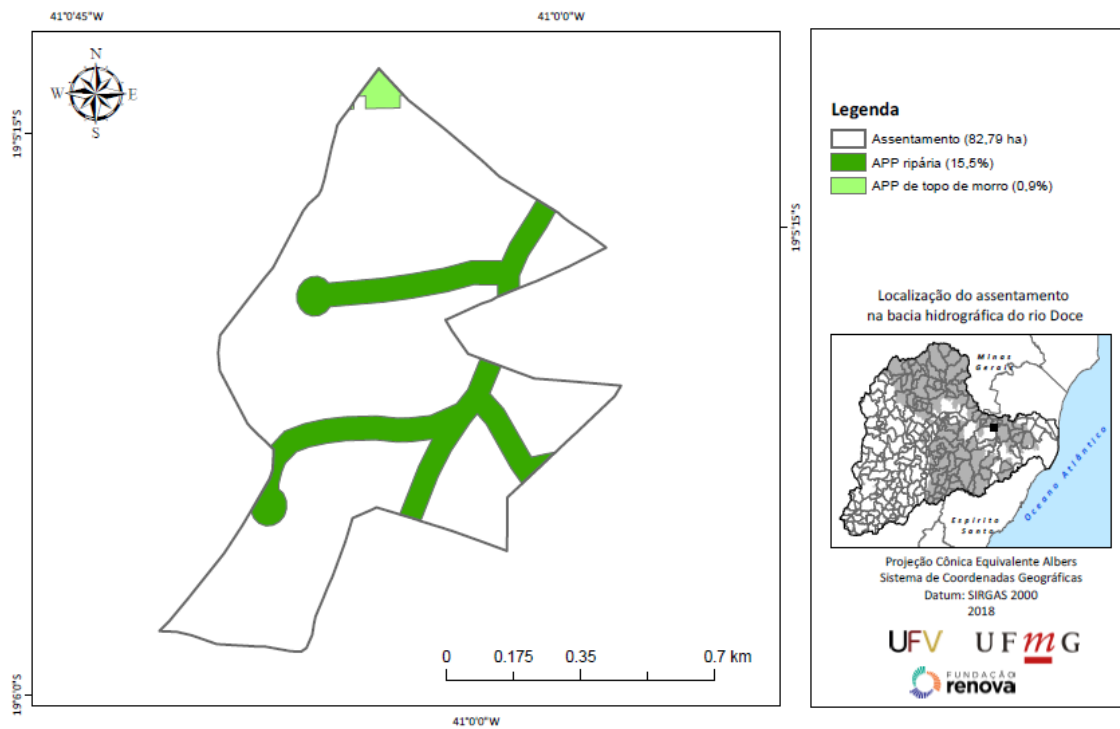


Figura 72. Áreas de APP, PA Beija Flor, Alto Rio Novo, ES

PA BOA ESPERANÇA

PA Boa Esperança, Alto Rio Novo, ES

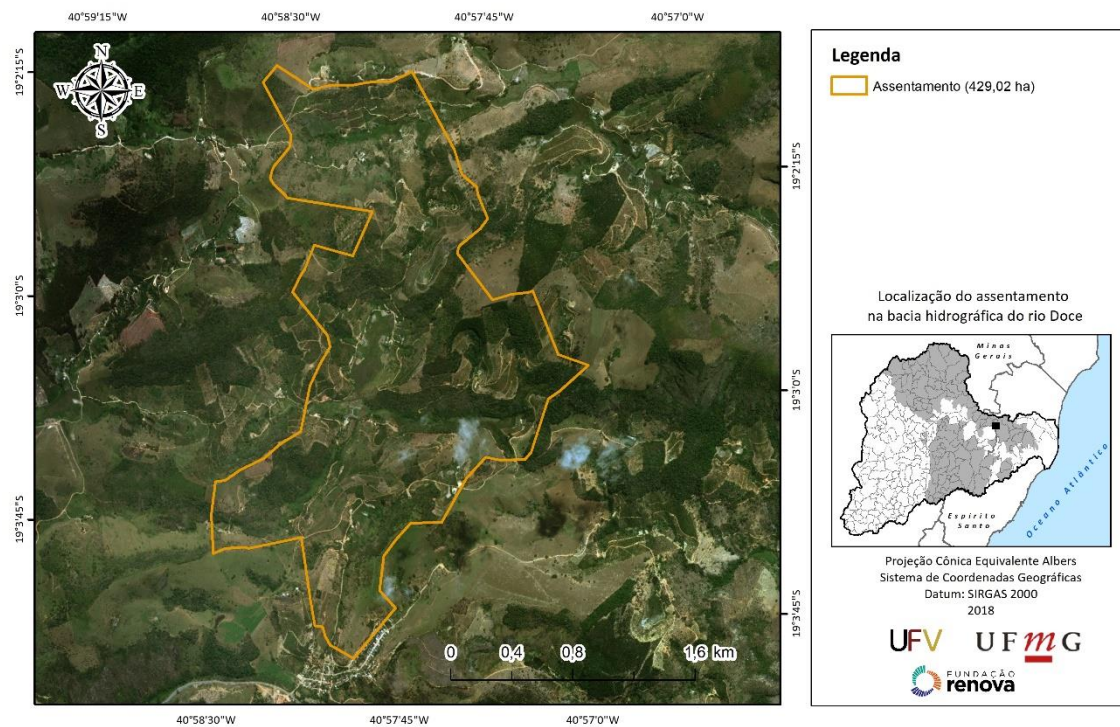


Figura 73. Perímetro PA Boa Esperança, Alto Rio Novo, ES

PA Boa Esperança, Alto Rio Novo, ES

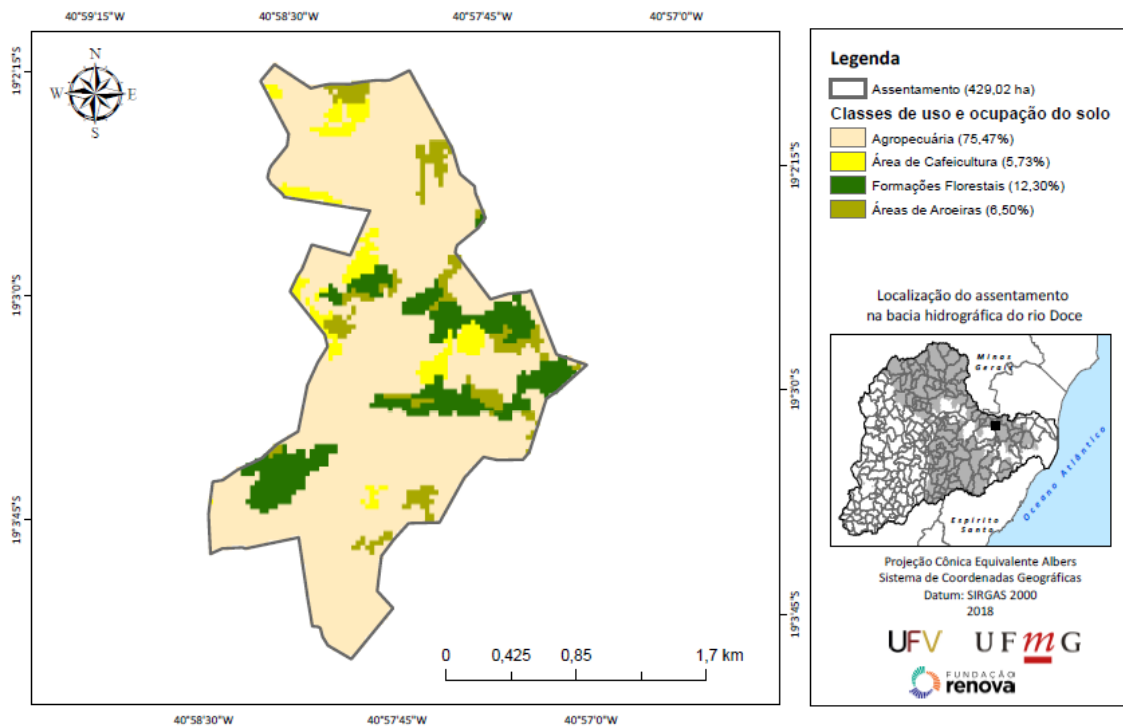


Figura 74. Uso do Solo, PA Boa Esperança, Alto Rio Novo, ES

PA Boa Esperança, Alto Rio Novo, ES

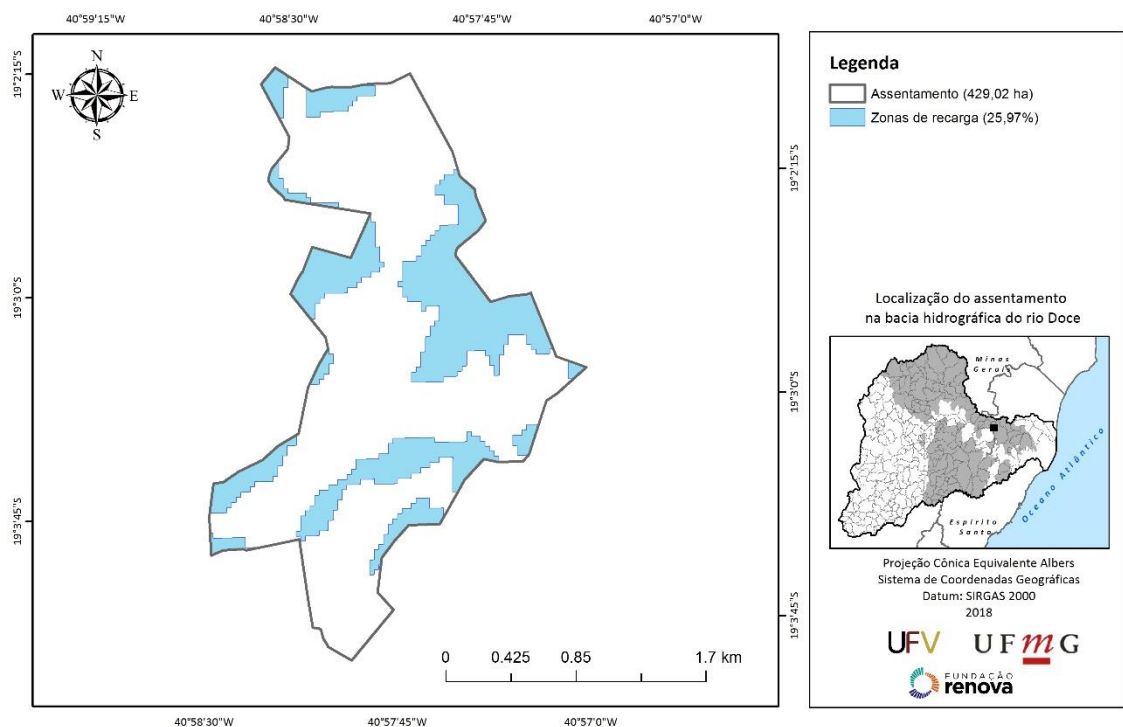


Figura 75. Zonas de recarga, PA Boa Esperança, Alto Rio Novo, ES

PA Boa Esperança, Alto Rio Novo, ES

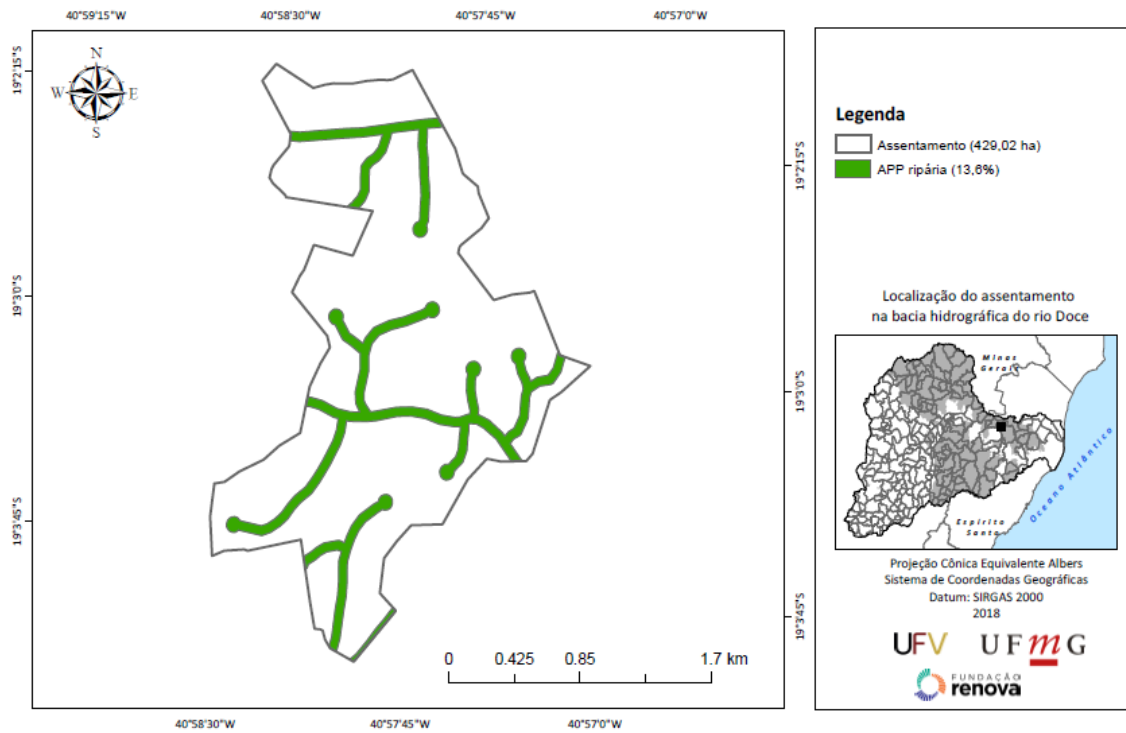


Figura 76. Áreas de APP, PA Boa Esperança, Alto Rio Novo, ES

PA LAJE

PA Laje, Alto Rio Novo, Pancas, ES

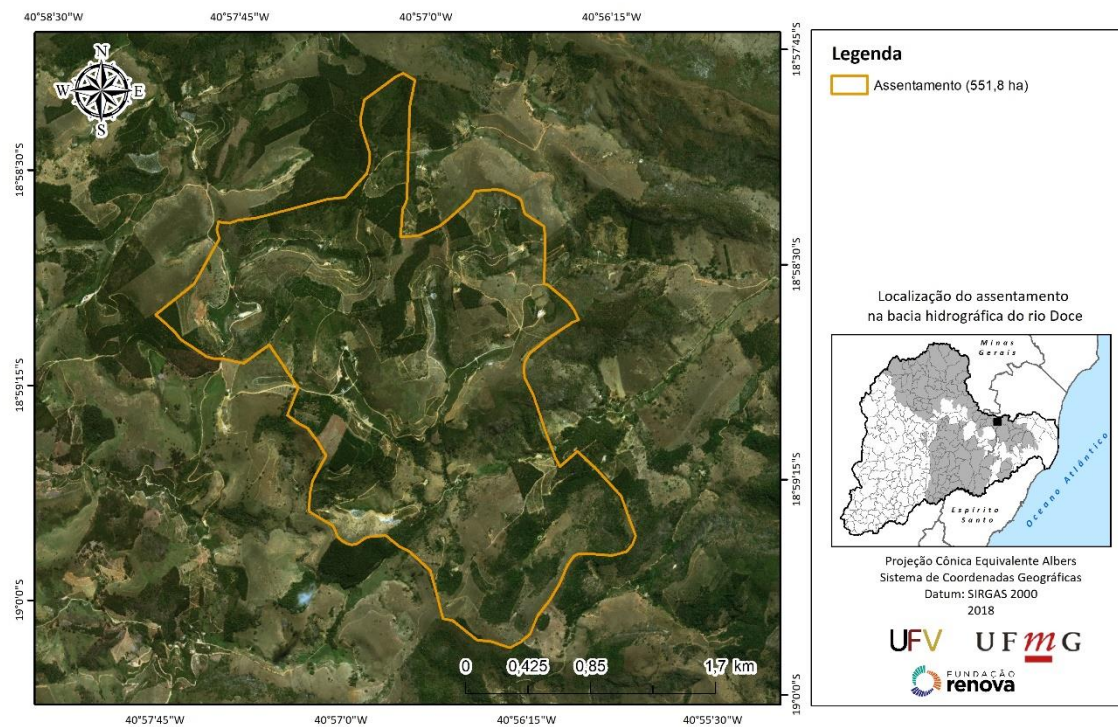


Figura 77. Perímetro PA Laje, Alto Rio Novo, Pancas, ES

PA Laje, Alto Rio Novo, Pancas, ES

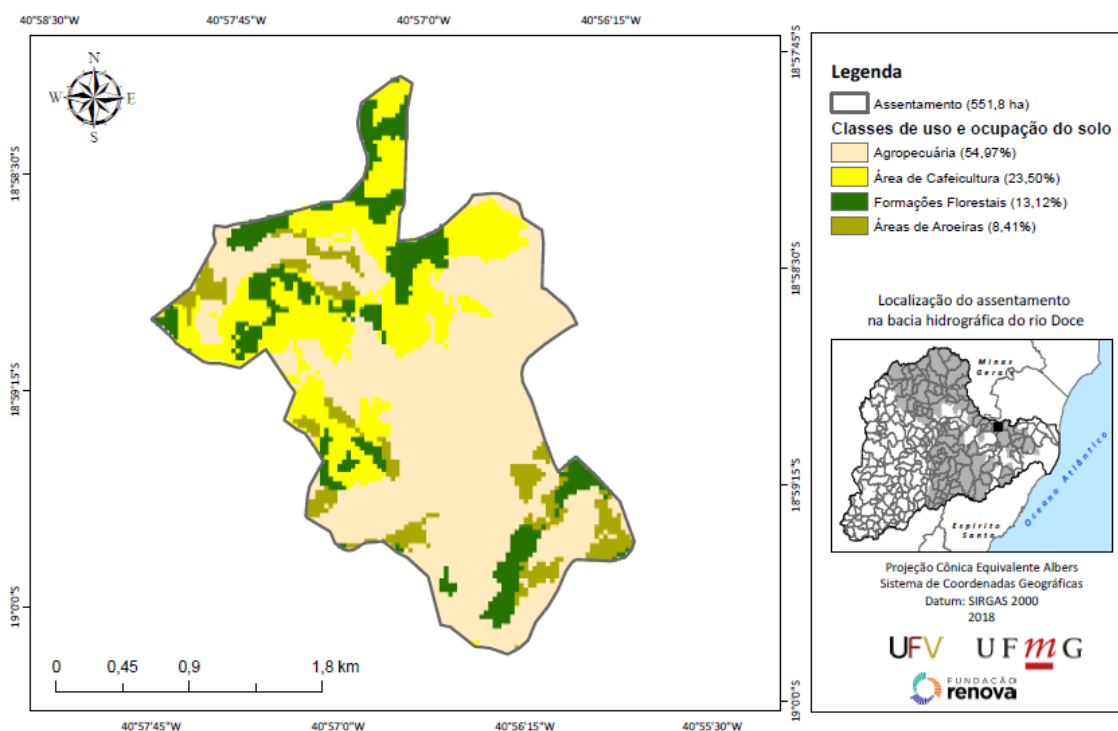


Figura 78. Uso do solo, PA Laje, Alto Rio Novo, ES

PA Laje, Alto Rio Novo, Pancas, ES

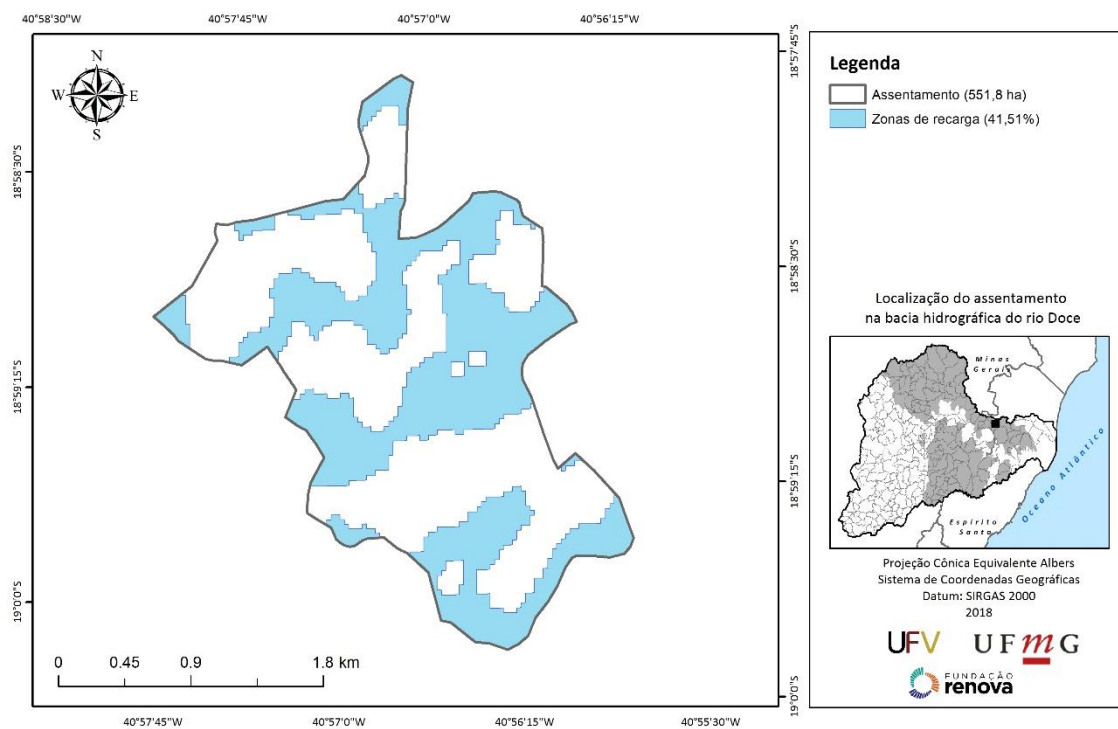


Figura 79. Zonas de recarga, PA Laje, Alto Rio Novo, ES

PA Laje, Alto Rio Novo, Pancas, ES

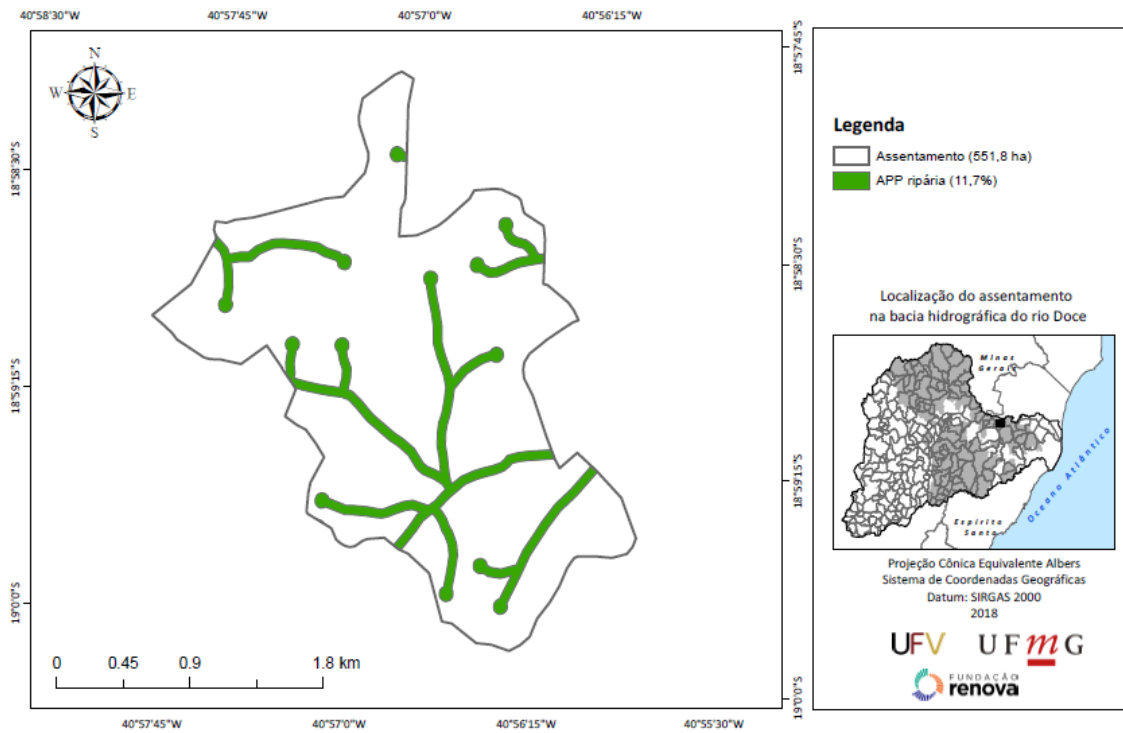


Figura 80. Áreas de APP, PA Laje, Alto Rio Novo, ES

PA MADRE CRISTINA

PA Madre Cristina, Pancas, ES

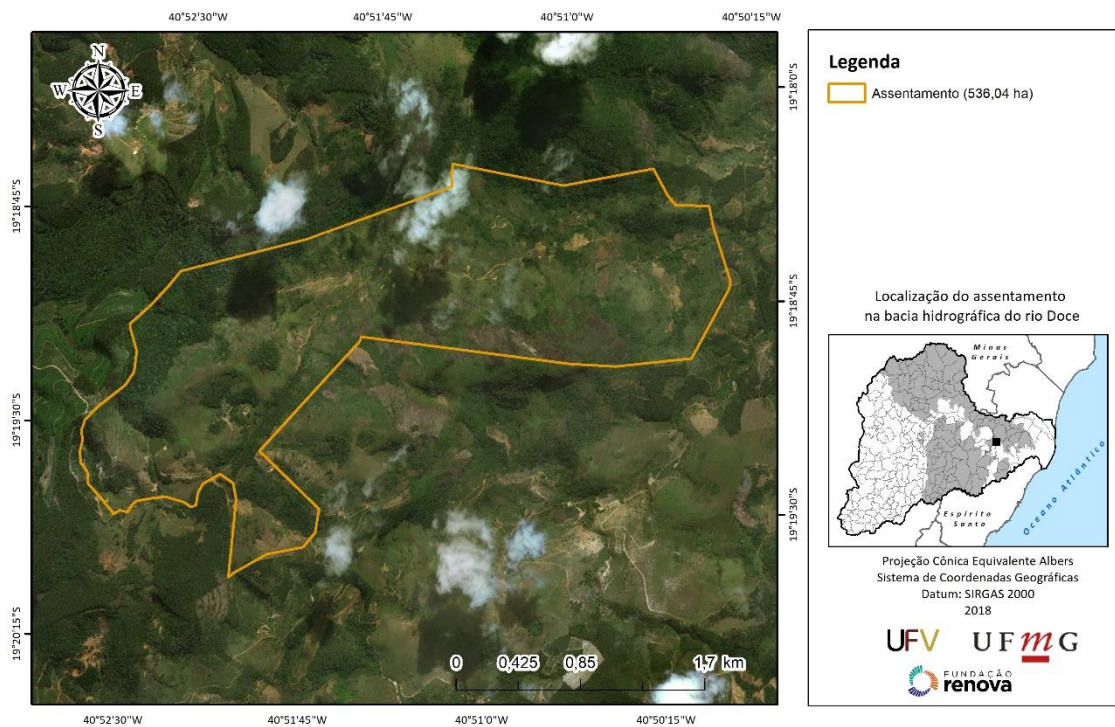


Figura 81. Perímetro PA Madre Cristina, Pancas, ES

PA Madre Cristina, Pancas, ES

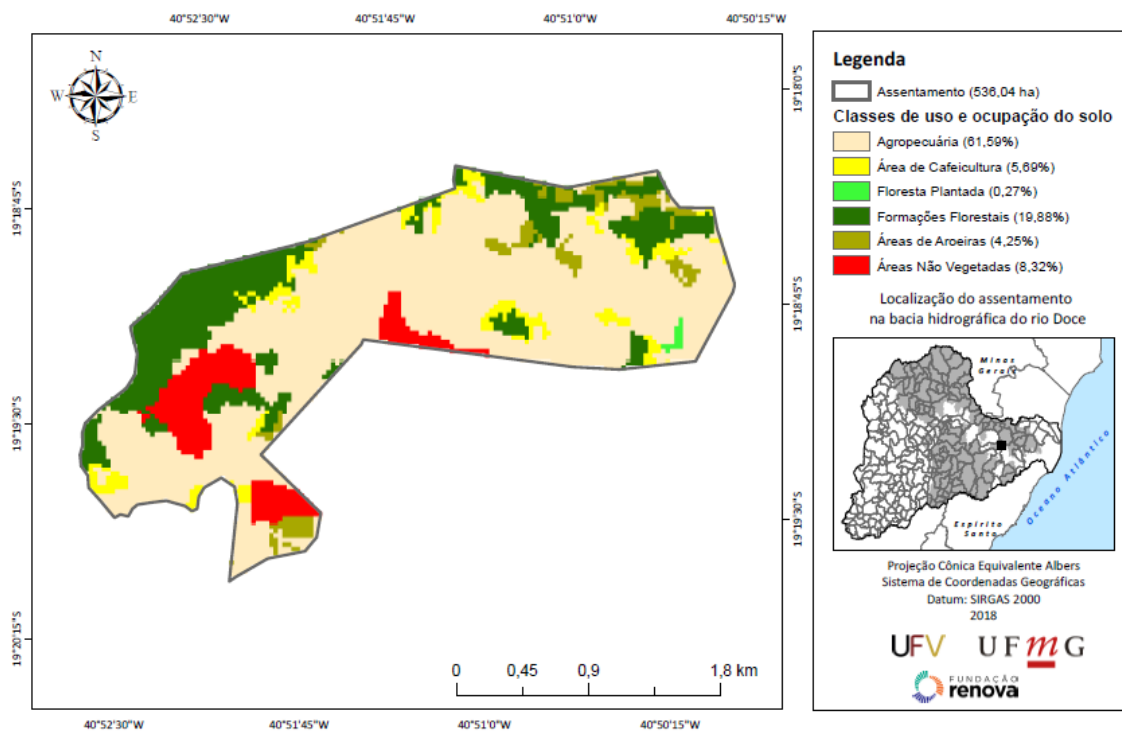


Figura 82. Uso do solo, PA Madre Cristina, Pancas, ES

PA Madre Cristina, Pancas, ES

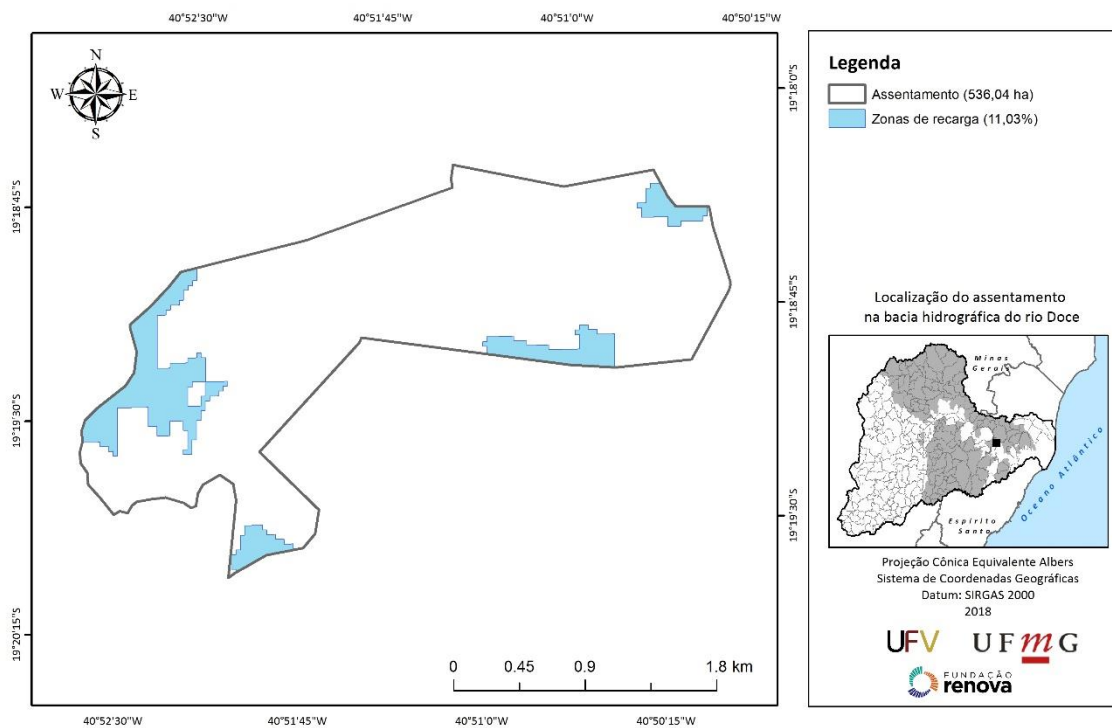


Figura 83. Zonas de recarga, PA Madre Cristina, Pancas, ES

PA Madre Cristina, Pancas, ES

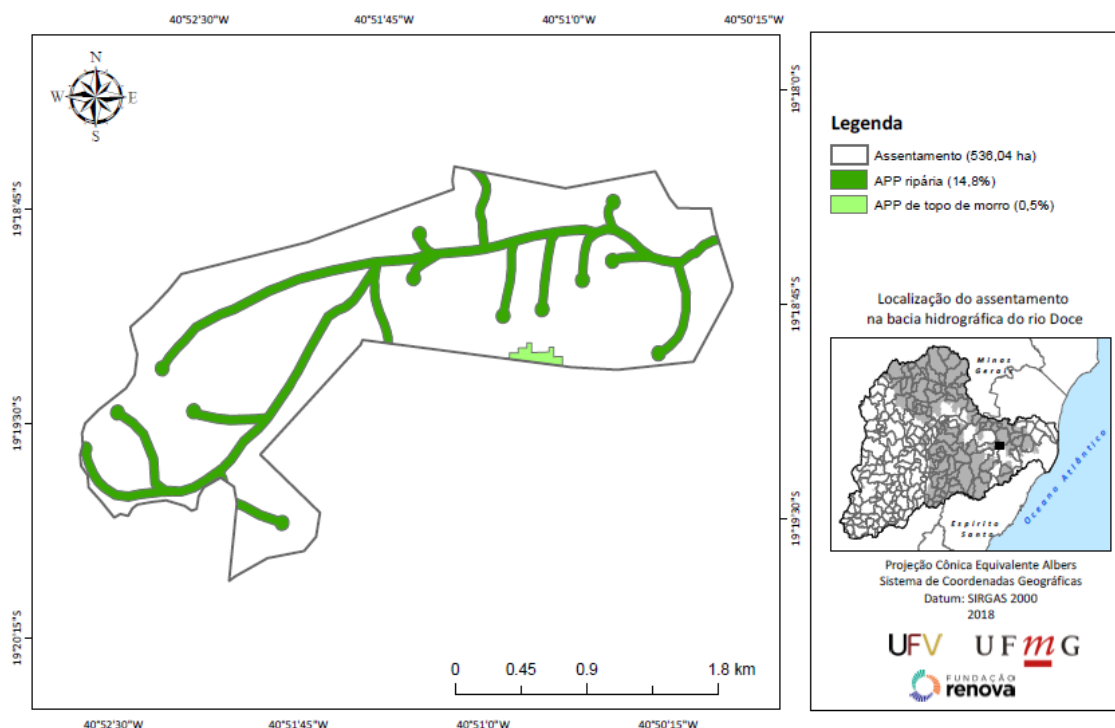


Figura 84. Áreas de APP, PA Madre Cristina, Pancas, ES

PA MARGARIDA ALVES

PA Margarida Alves, Pancas, ES

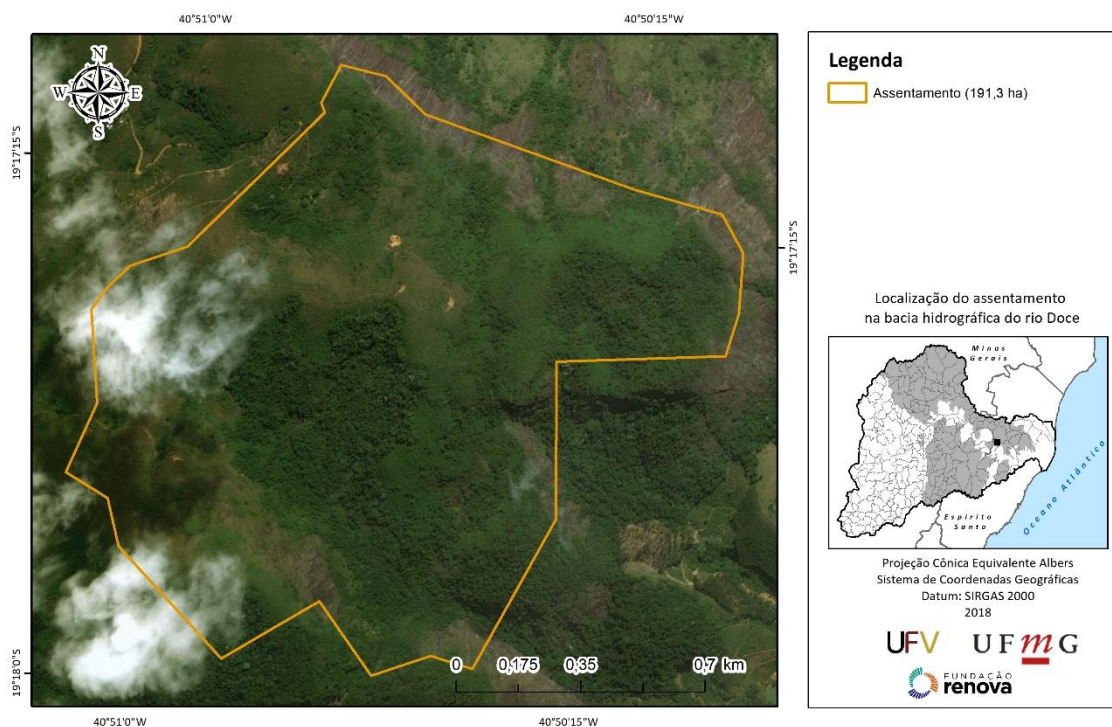


Figura 85. Perímetro PA Margarida Alves, Pancas, ES

PA Margarida Alves, Pancas, ES

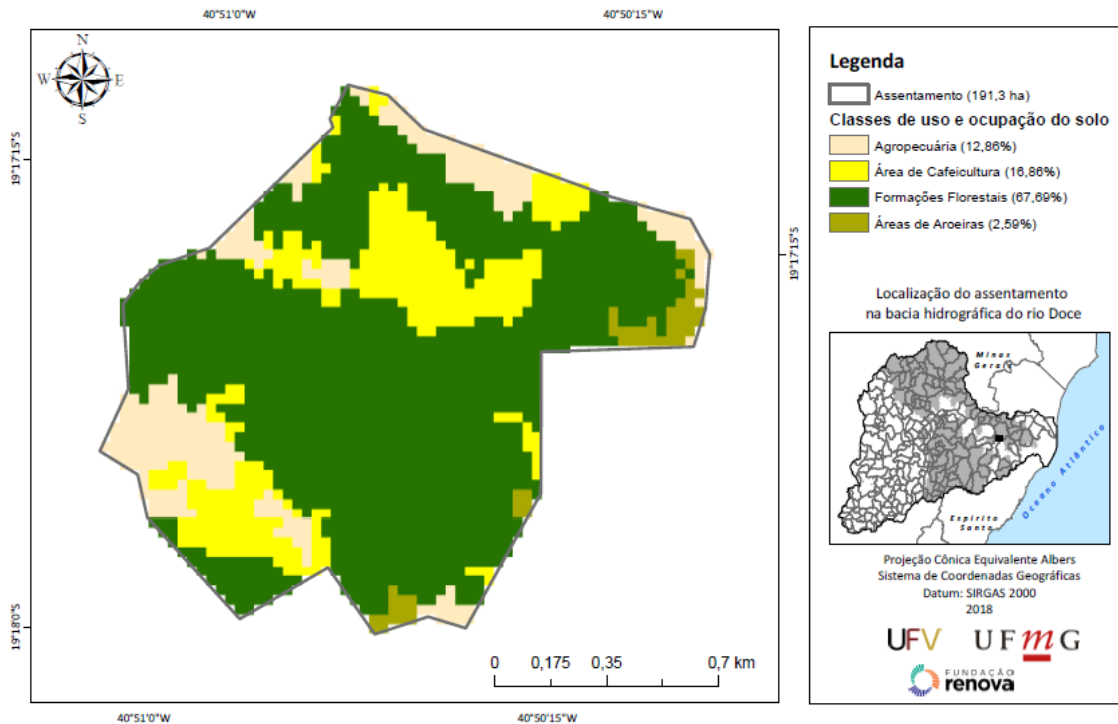


Figura 86. Uso do solo, PA Margarida Alves, Pancas, ES

PA Margarida Alves, Pancas, ES

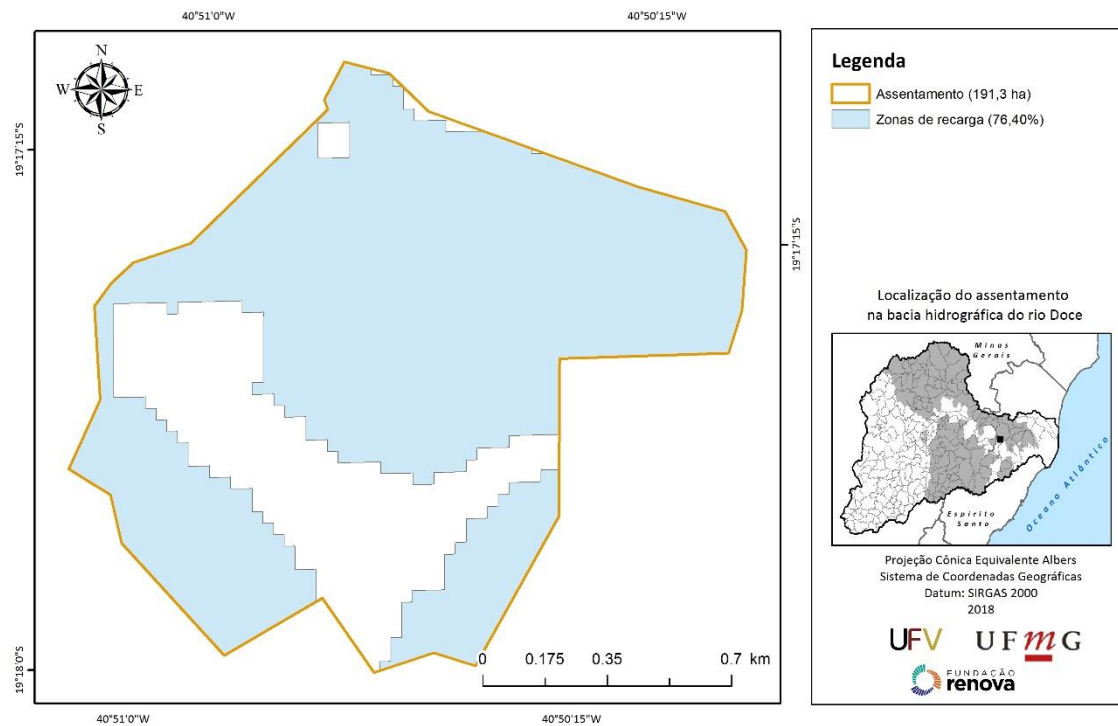


Figura 87. Zonas de recarga, PA Margarida Alves, Pancas, ES

PA Margarida Alves, Pancas, ES

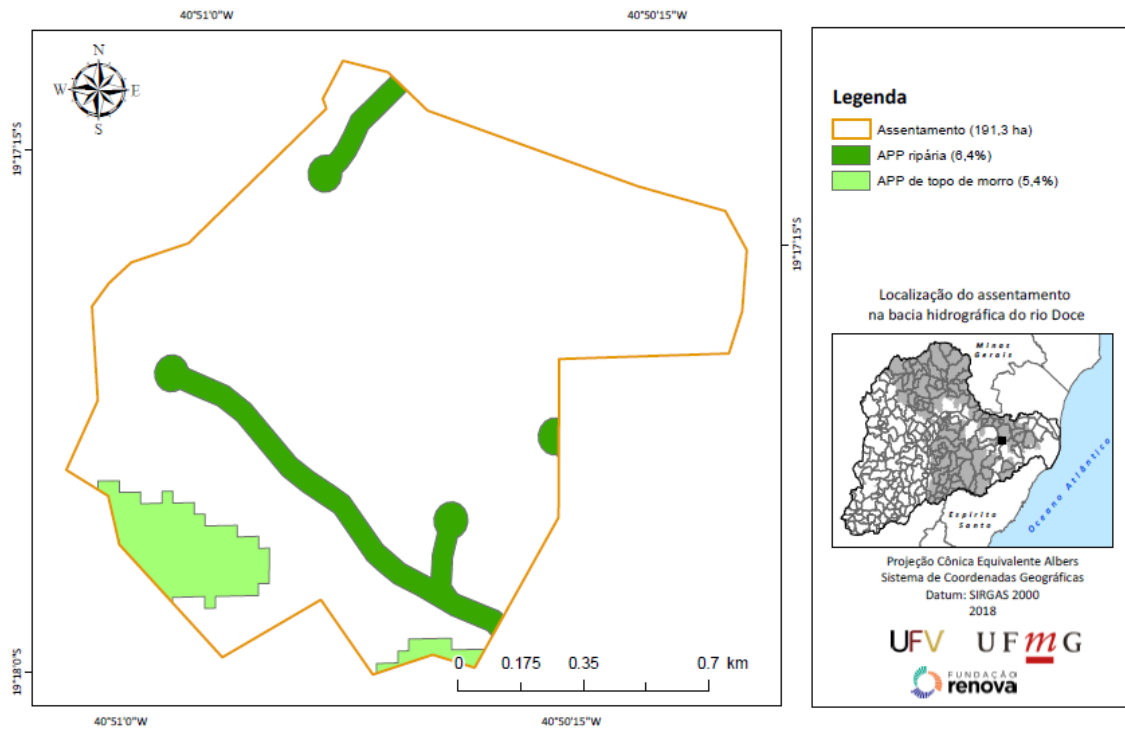


Figura 88. Áreas de APP, PA Margarida Alves, Pancas, ES

PA MATUTINA

PA Matutina, Laranja da Terra, ES

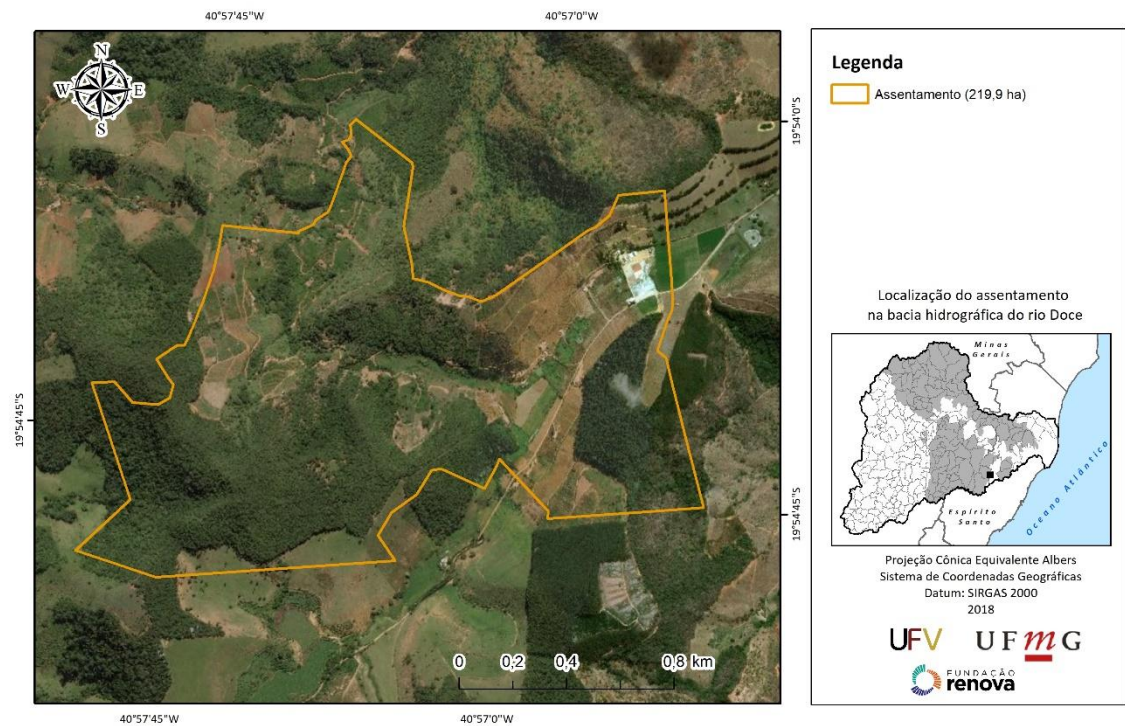


Figura 89. Perímetro PA Matutina, Laranja da Terra, ES

PA Matutina, Laranja da Terra, ES

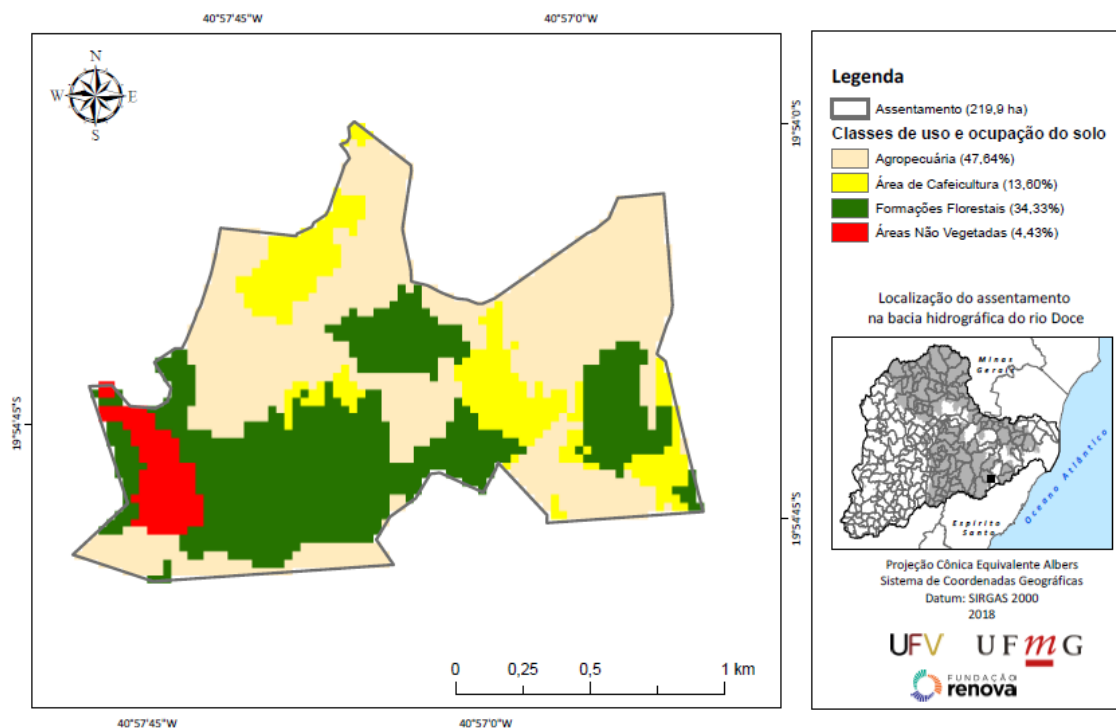


Figura 90. Uso do solo, PA Matutina, Laranja da Terra, ES

PA Matutina, Laranja da Terra, ES

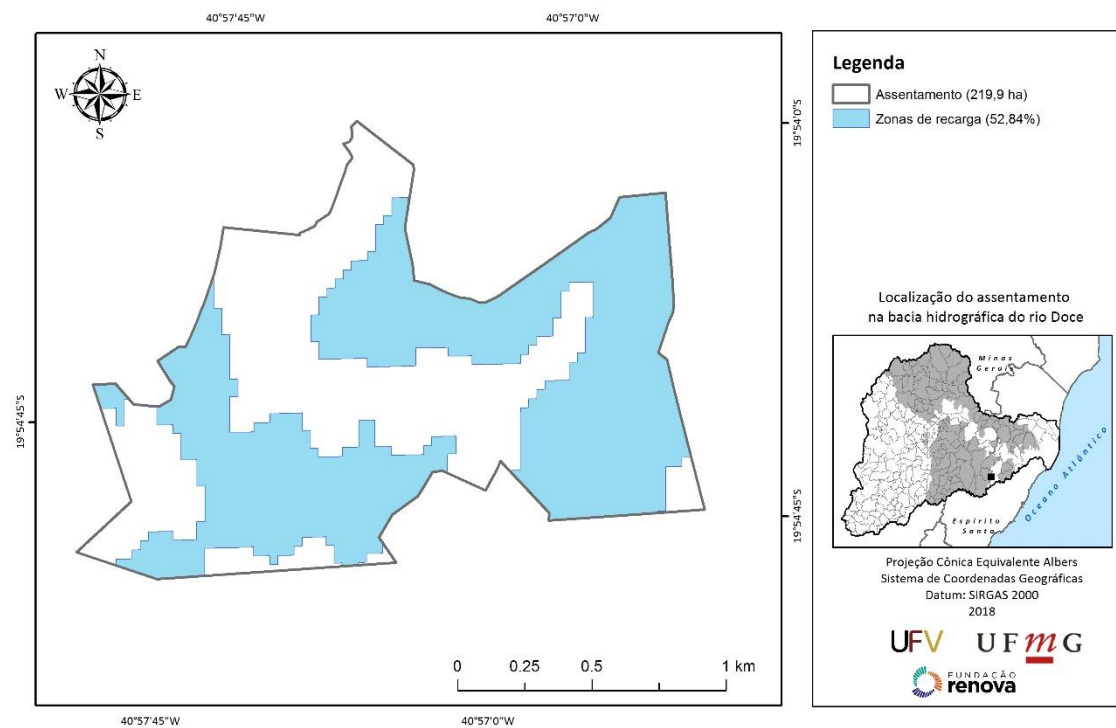


Figura 91. Zonas de recarga, PA Matutina, Laranja da Terra, ES

PA Matutina, Laranja da Terra, ES

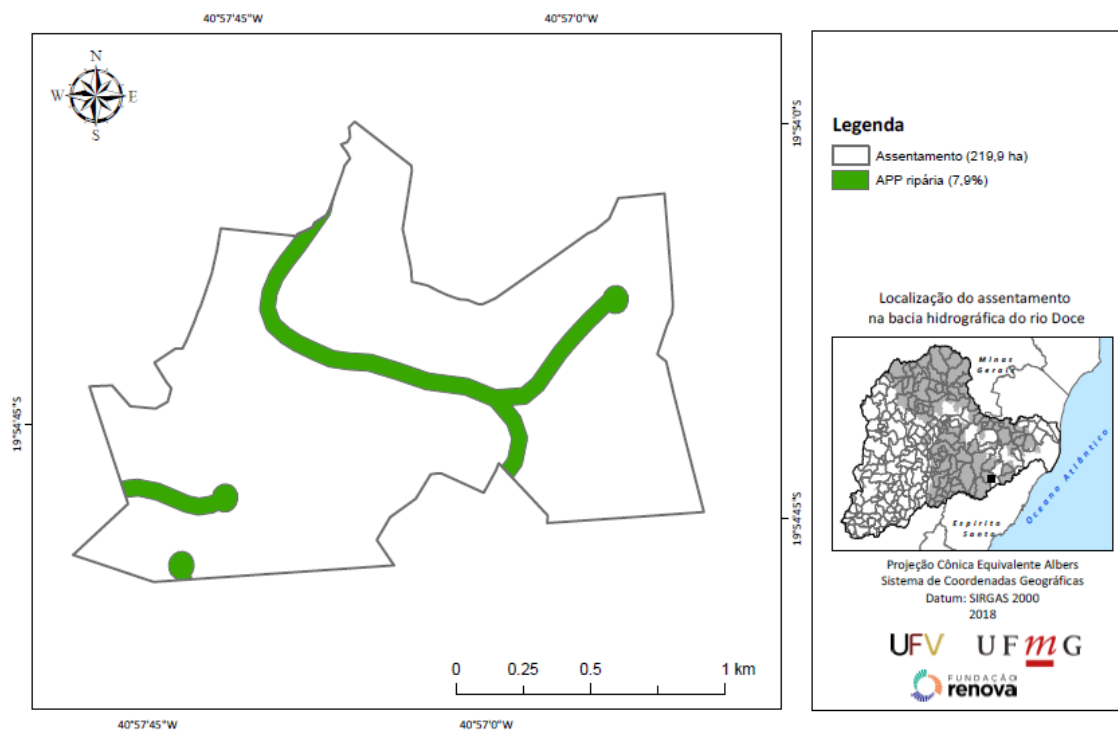


Figura 92. Áreas de APP, PA Matutina, Laranja da Terra, ES

PA PADRE PEDRO

PA Padre Pedro, Mantenópolis, ES

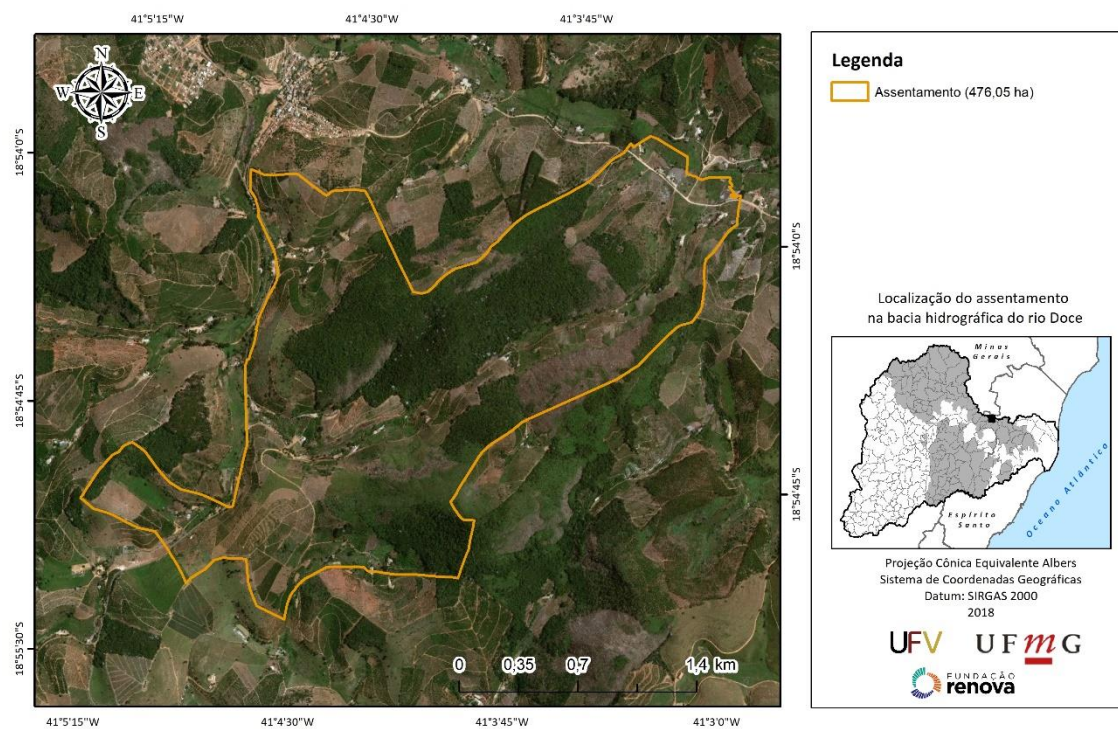


Figura 93. Perímetro PA Padre Pedro, Mantenópolis, ES

PA Padre Pedro, Mantenópolis, ES

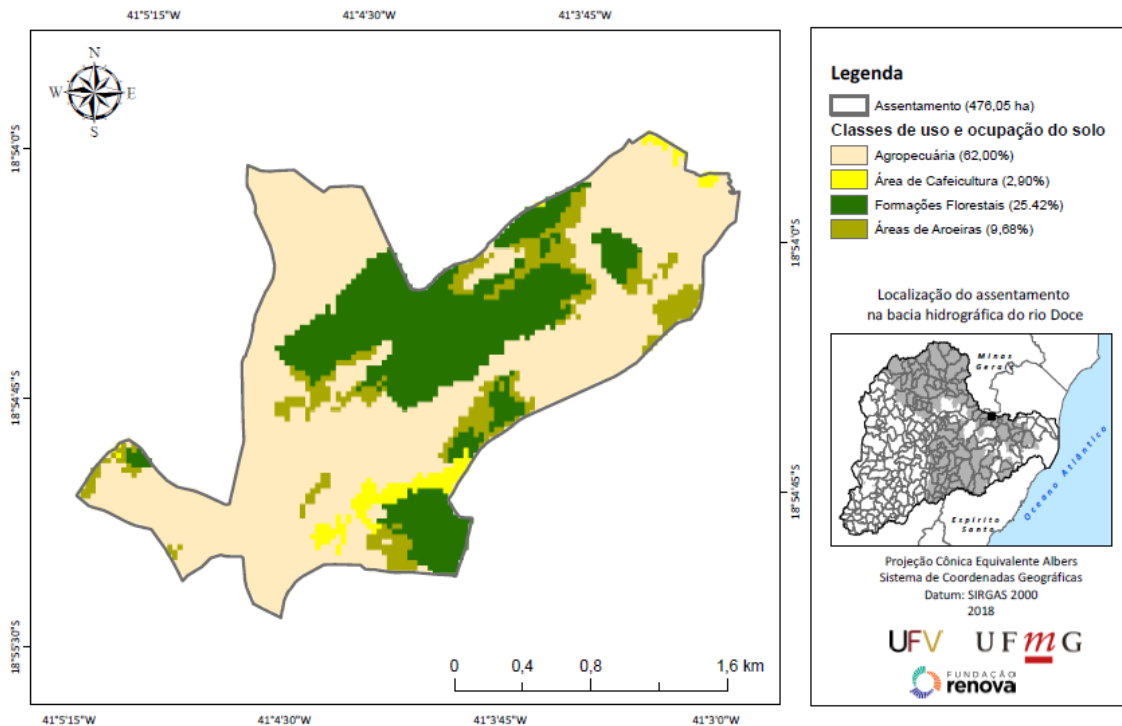


Figura 94. Uso do Solo, PA Padre Pedro, Mantenópolis, ES

PA Padre Pedro, Mantenópolis, ES

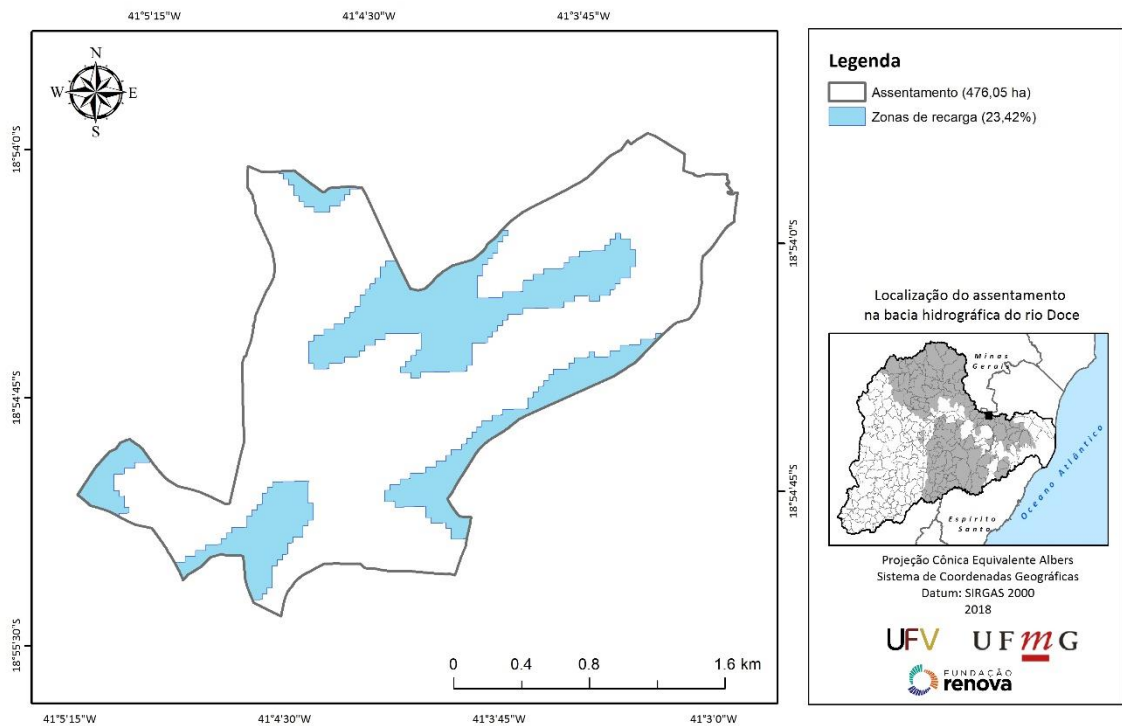


Figura 95. Zonas de recarga, PA Padre Pedro, Mantenópolis, ES

PA Padre Pedro, Mantenópolis, ES

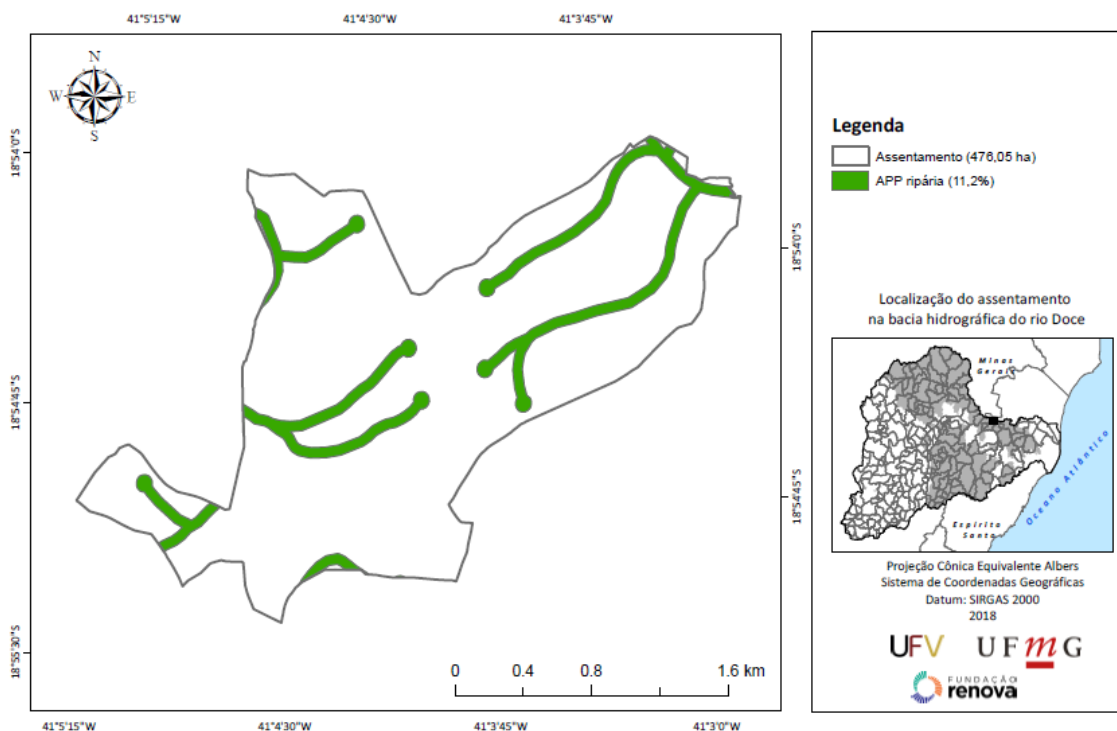


Figura 96. Áreas de APP, PA Padre Pedro, Mantenópolis, ES

PA ROSA DE SARON

PA Rosa de Saron, Águia Branca, ES

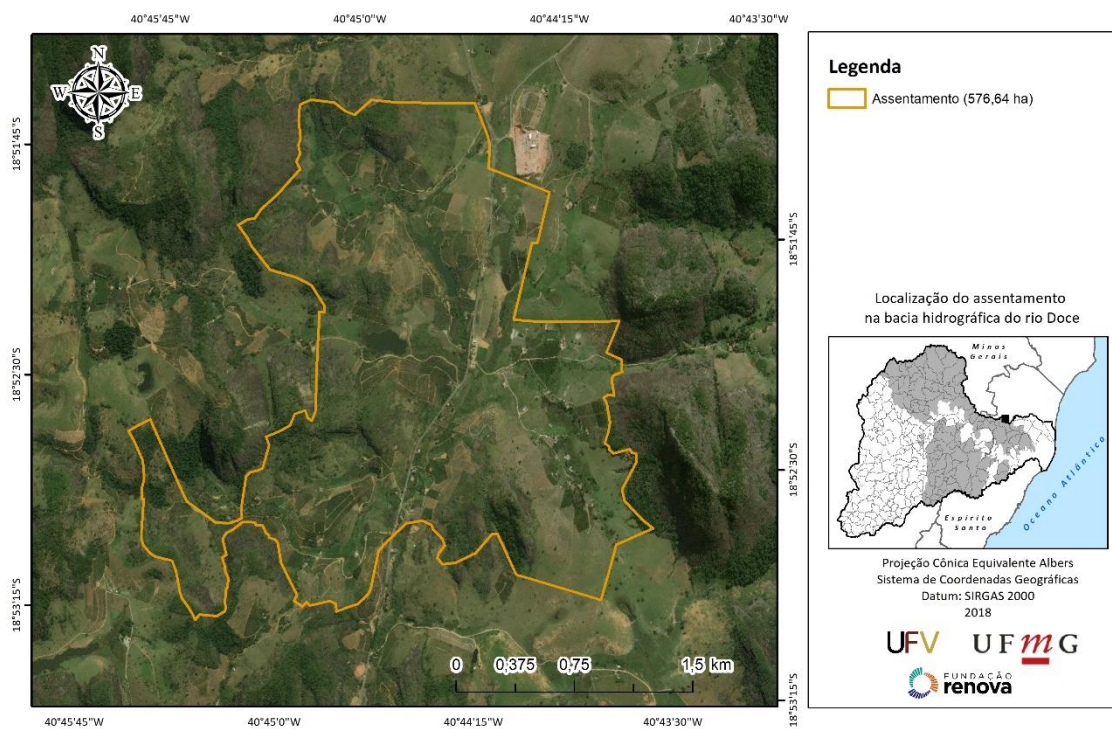


Figura 97. Perímetro PA Rosa de Saron, Águia Branca, ES

PA Rosa de Saron, Águia Branca, ES

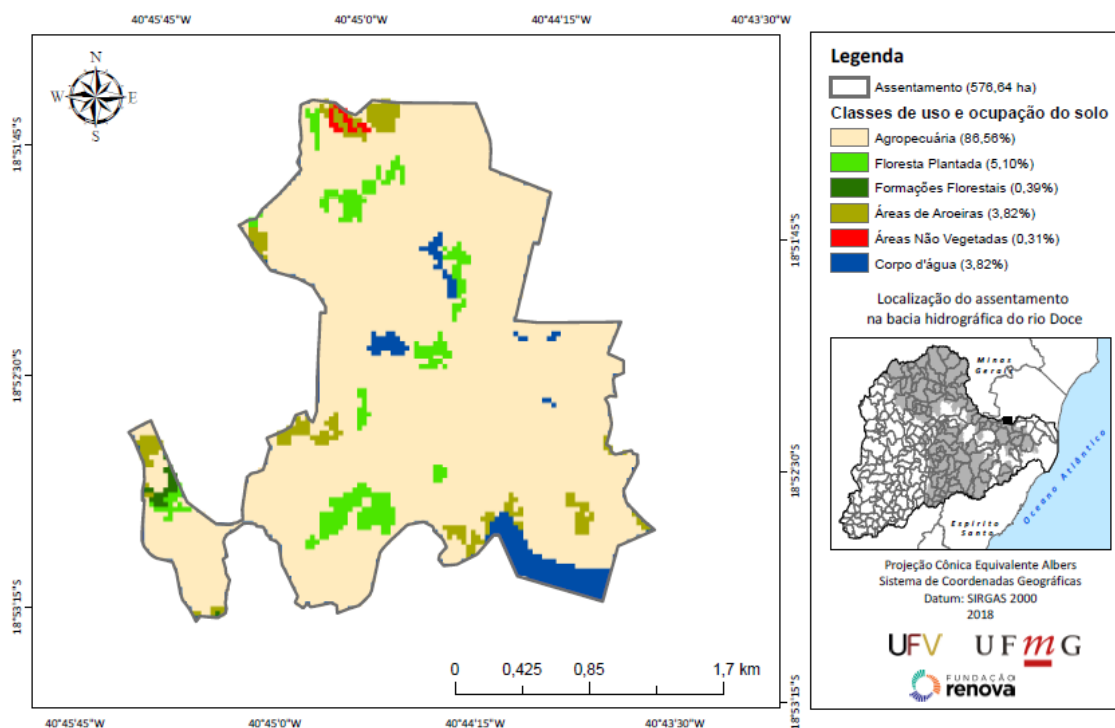


Figura 98. Uso do solo, PA Rosa de Saron, Águia Branca, ES

PA Rosa de Saron, Águia Branca, ES

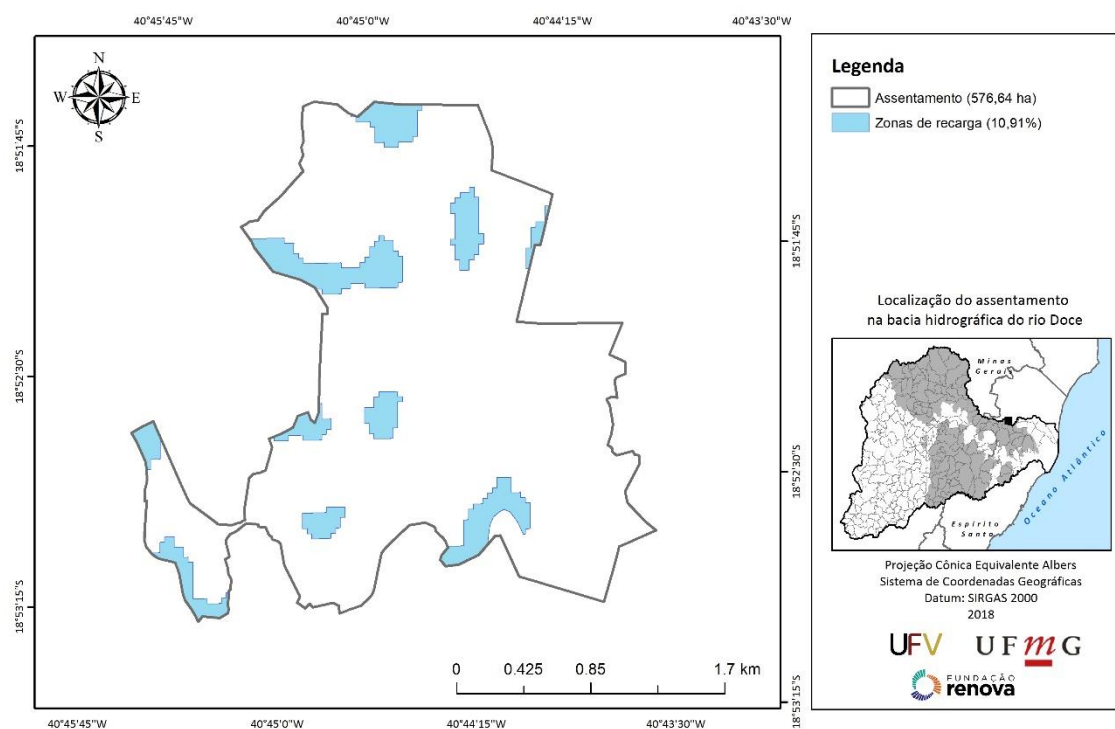


Figura 99. Zonas de recarga, PA Rosa de Saron, Águia Branca, ES

PA Rosa de Saron, Água Branca, ES

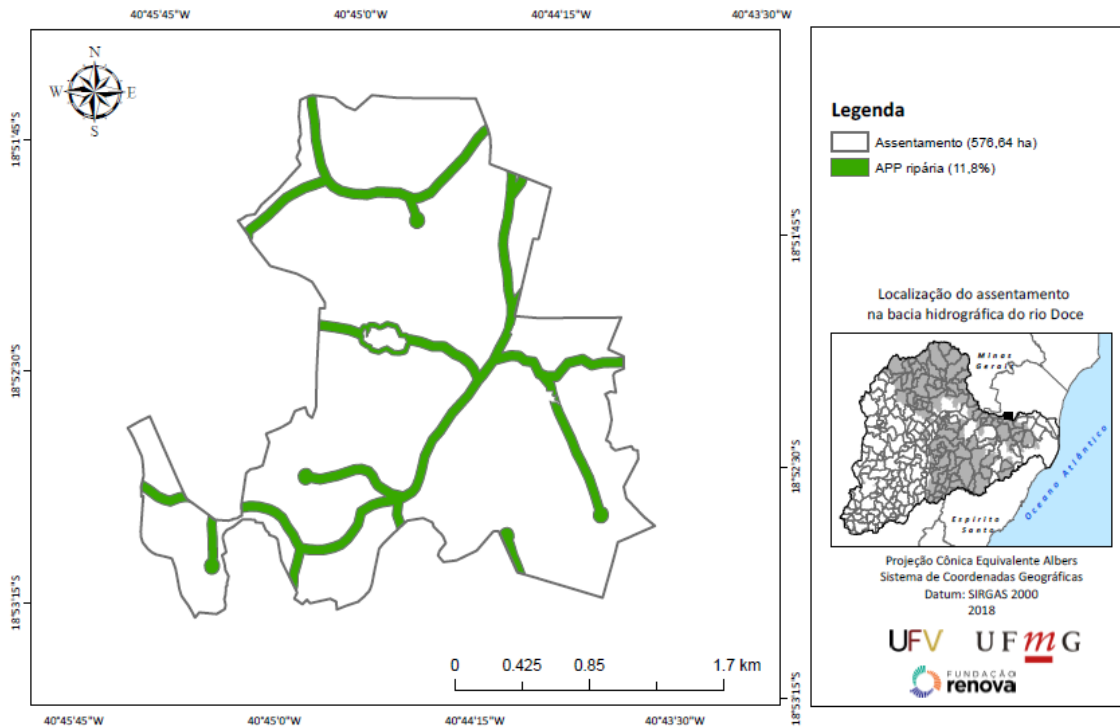


Figura 100. Áreas de APP, PA Rosa de Saron, Água Branca, ES

PA TOMAZZINI

PA Tomazzini, Santa Tereza, ES

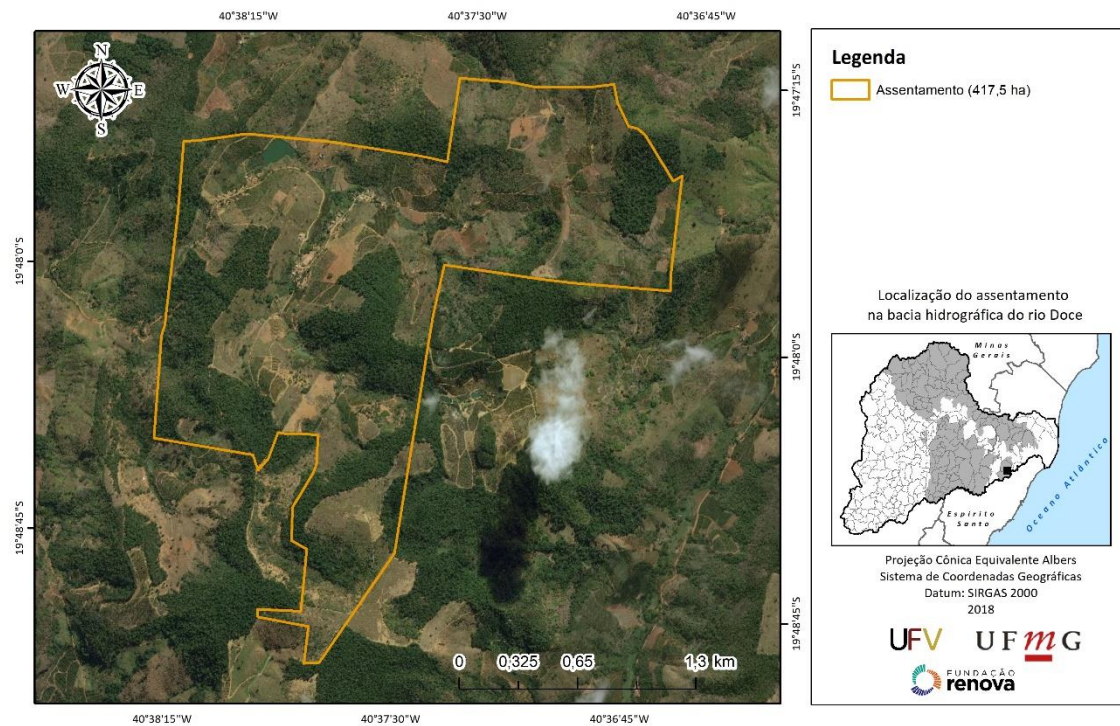


Figura 101. Perímetro PA Tomazzini, Santa Tereza, ES

PA Tomazzini, Santa Tereza, ES

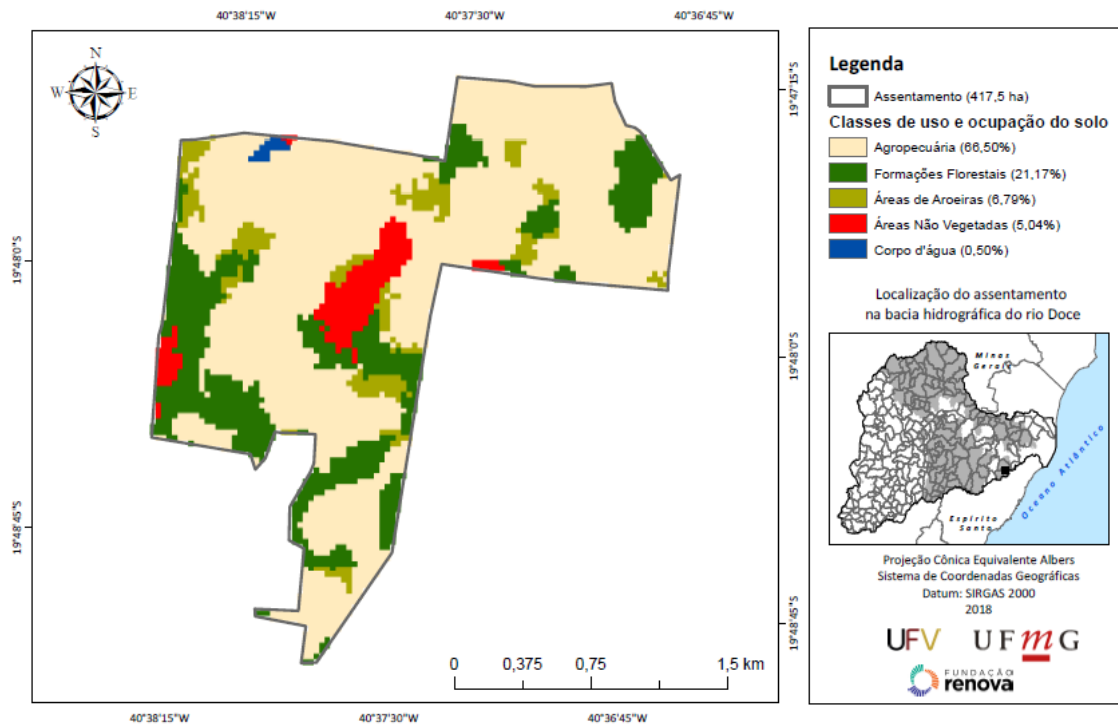


Figura 102. Uso do solo, PA Tomazzini, Santa Tereza, ES

PA Tomazzini, Santa Tereza, ES

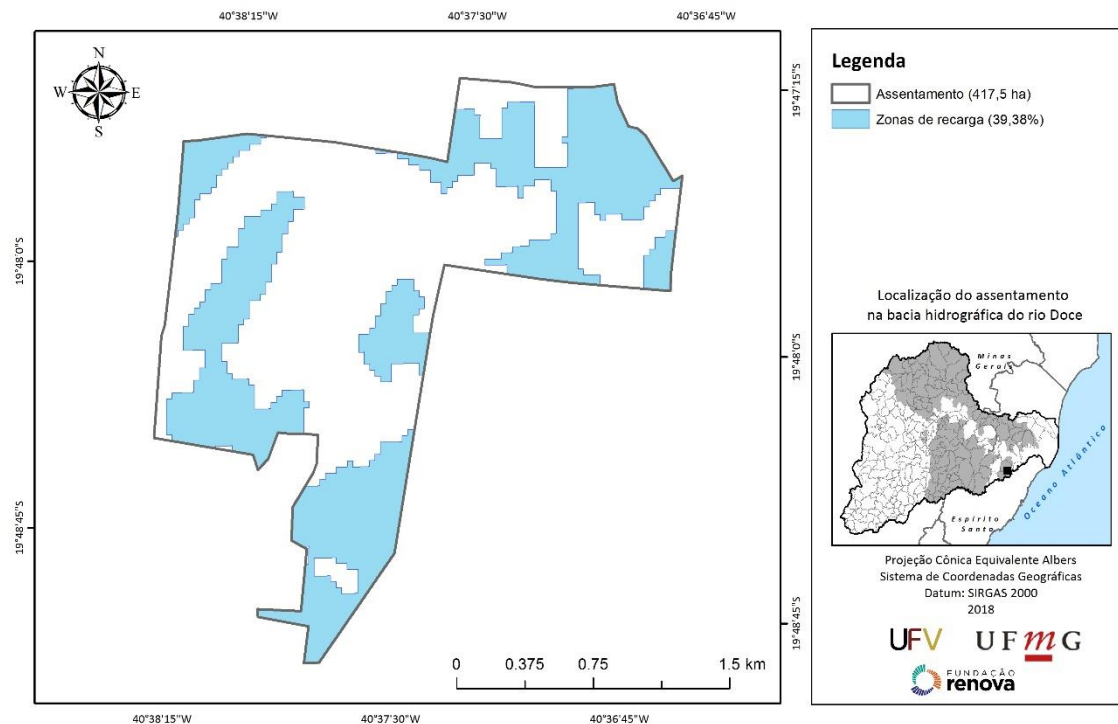


Figura 103. Zona de recarga, PA Tomazzini, Santa Tereza, ES

PA Tomazzini, Santa Tereza, ES

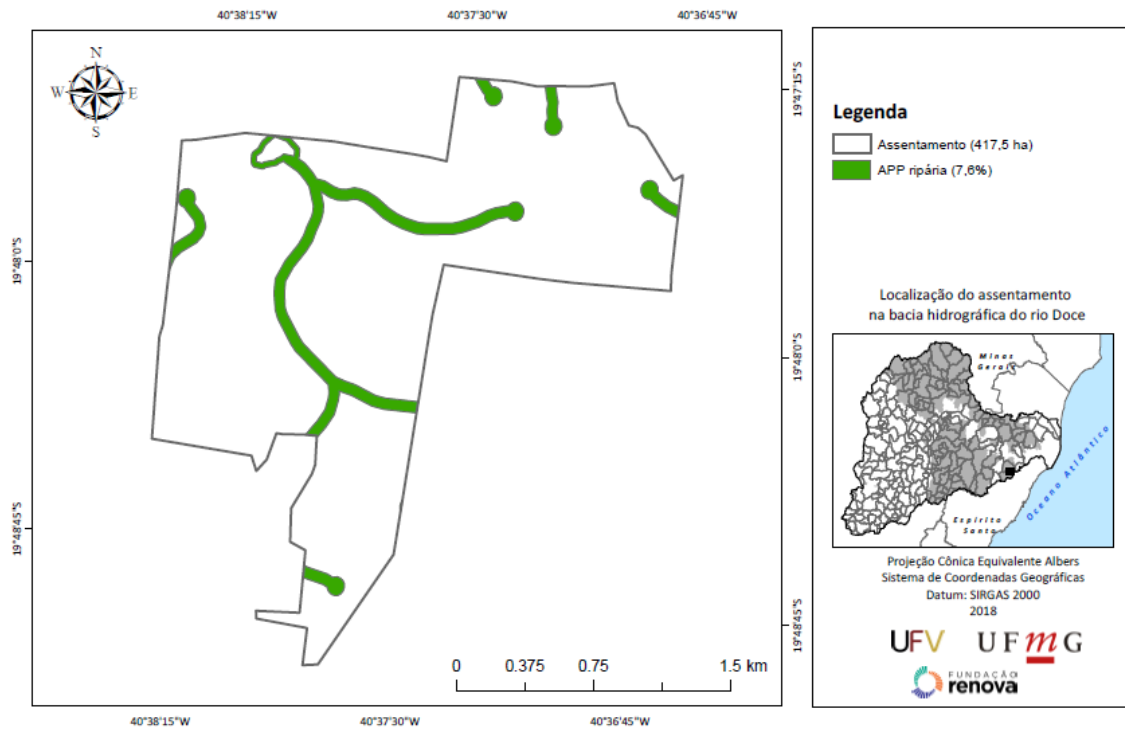


Figura 104. Áreas de APP, PA Tomazzini, Santa Tereza, ES

5. Referências Bibliográficas

Akcakaya, H.R., Pereira, H.M., Canziani, G.A., Mbow, C., Mori, A., Palomo, M.G., Soberon, J., Thuiller, W., Yachi, S., Ellis, E.C., Fernandez, M., Carvalho Ribeiro, S., Stenseke, M., Zimmerman, N.E., (2016) Chapter 8- Improving The Rigor And Usefulness Of Scenarios And Models Through Ongoing Evaluation And Refinement. In: (Org.), in: IPBES (Ed.), Improving the rigor and usefulness of scenarios and models through ongoing evaluation and refinement.

Farmer J.D. and Foley D. 2009. The economy needs agent-based modelling. *Nature* 460(7256):685–686. doi:10.1038/460685

Farmer, JD; Hepburn, C; Mealy, P; Teytelboym, A. 2015. "A Third Wave in the Economics of Climate Change." *Environmental & Resource Economics* 62(2):329-357

Filoso, S., Bezerra, M.O., Weiss, K.C.B., Palmer, M.A. (2017) Impacts of forest restoration on water yield: A systematic review. *PLoS One* 12, e0183210.

Gaudreau, Jonathan; Perez Liliana; Drapeau Pierre. 2016. BorealFireSim: A GIS-based cellular automata model of wildfires for the boreal forest of Quebec in a climate change paradigm. *Ecological Informatics* 32: 12-27

Hackett ,S. and B., Moxnes, E. 2015. Natural capital in integrated assessment models of climate change, *Ecological Economics*, Volume 116, August 2015, Pages 354-361, ISSN 0921-8009,

Harfoot M, Tittensor DP, Newbold T, McInerney G, Smith M & Scharlemann JPW. 2014. Integrated assessment models for ecologists: the present and the future. *Global Ecology and Biogeography* 23: 124-143.

Lima, T.C., Carvalho Ribeiro, S., Soares Filho, B., (2017) Integrating econometric and spatially explicit dynamic models to simulate land use transitions in the Cerrado biome. , in: SPRINGER (Ed.), *Geomatic approaches for modelling land change scenarios 'Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*.

Higgs, ES (1997) What is Good Ecological Restoration? *Conservation Biology*, Vol. 11, No. 2, pp. 338-348, 1997.

Lima L, Krueger T, García-Marquez J. (2017) Uncertainties in demonstrating environmental benefits of payments for ecosystem services. *Ecosystem Services* 27:139-149.

Lima L, Ramos-Barón PA, Villamayor-Tomas S, Krueger T (2019) Will PES schemes survive in the long-term if their environmental benefits are not proved? Exploring four water-related cases in Colombia. *Ecological Economics* 156:211-223.

Morgan, Fraser J.; Daigneault, Adam J. 2015. Estimating Impacts of Climate Change Policy on Land Use: An Agent-Based Modelling Approach *PLoS ONE*. May, Vol. 10 Issue 5, p1-20. 20p. DOI: 10.1371/journal.pone.0127317

Nunes FSM, Soares-Filho B, Rajão R, Merry F (2017) Enabling large-scale forest restoration in Minas Gerais state, Brazil. *Environmental Research Letters* 12(4): 2-10.

- Rana A. and Morita T. 2000. Scenarios for greenhouse gas emission mitigation: a review of modeling of strategies and policies in integrated assessment models. *Environmental Economics and Policy Studies* (2000) 3: 267-289
- Rodrigues H and Soares Filho BS (2018) A Short Presentation of Dinamica EGO. In: Camacho OM, Paegelow M, Mas JF, Escobar F (eds) *Geomatic Approaches for Modeling Land Change Scenarios. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*: 493-498.
- Rodrigues, R.R., Gandolfi, S., Nave, A.G., Aronson, J., Barreto, T.E., Vidal, C.Y., Brancalion, P.H.S. (2011) Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil. *Forest Ecology and Management* 261, 1605-1613.
- Rodrigues, R.R., Lima, R.A.F., Gandolfi, S., Nave, A.G. (2009) On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation* 142, 1242-1251.
- Root-Bernstein, M., Galetti, M., Ladle, R.J. (2017) Rewilding South America: Ten key questions. *Perspectives in Ecology and Conservation* 15, 271-281.
- Schwanitz VJ. 2013. Evaluating integrated assessment models of global climate change. *Environ Model Softw* 2013;50(0):120-31.
- Soares-Filho BS, Rodrigues H, Follador M. 2013. A hybrid analytical-heuristic method for calibrating land-use change models. *Environ. Modell. Software*; 43:80–87.
- Suttles, S.A., Tyner, W.E., Shively, G., Sands, R.D. and B. Sohngen. 2014. "Economic effects of Bioenergy Policy in the United States and Europe: A General Equilibrium Approach Focusing on Forest Biomass." *Renewable Energy*, 69. 428-436.
- Timilsina, G.R. and S. Mevel. 2013. *Biofuels and Climate Change Mitigation: A CGE Analysis Incorporating Land-Use Change Environmental and Resource Economics*, 2013, Volume 55, Number 1, Page 1
- Verburg, P. H. et al., 2015. Methods and approaches to modelling the Anthropocene, *Global Environmental Change* <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.08.007>
- Vogler, K.C., Ager, A.A., Day, M.A., Jennings, M., Bailey, J.D., 2015. Prioritization of forest restoration projects: tradeoffs between wildfire protection, ecological restoration and economic objectives. *Forests* 4403-4420.

Anexo I – Proposta de cronograma de implementação das ações de recuperação ambiental na bacia do rio Doce.

Tabela A18 - Alocação da restauração nos mananciais alternativos por modalidade de recuperação ambiental

Período	Área (ha)
2019 – 2020*	3.000
2020 - 2023	13.000
2023 - 2027	19.000
2027 - 2029	5.000
Total	40.000

Obs. Serão priorizados as áreas definidas no Programa Piloto (Tabela A2) e na estratégia 2 (TI Krenak e Assentamentos Rurais - Tabela 17)

Anexo II – Programa Piloto para delineamento das estratégias de campo para implementação das ações de recuperação ambiental na bacia do rio Doce.

Tabela 19 - Programa piloto de preparação para as ações de restauração a ser realizado em 2019

Referência	Piranga	Suaçuí	Pontões e Lagoas	Total
APP/ARH	77,83 ha	458,15 ha	274,42 ha	810,40 ha

Anexo III- Alocação das ações de recuperação ambiental em assentamentos rurais de reforma agrária e Unidades de Gestão, segundo os resultados da modelagem

Tabela 20 - Alocação da modalidade de condução da regeneração natural em assentamentos rurais de reforma agrária

Regeneração natural em APPs em assentamentos	
Assentamento de reforma agrária	Área (ha)
PA Margarida Alves	0,6
PA Tomazzini	7,4
PA Matutina	3,05
PA Madre Cristina	16,5
Total	27,5

Regeneração natural em Zonas de recarga em assentamentos

Assentamento de reforma agrária	Área (ha)
PA Tomazzini	10,0
PA Matutina	6,7
PA Madre Cristina	3,9
Total	20,6

Tabela 21 - Alocação da modalidade de condução da regeneração natural por unidades de gestão

Unidades de gestão	APP		ZR		Total	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Caratinga	1,8	0%	36,8	0,1%	38,6	0%
Guandú	5.904,2	17%	2.851,3	9,0%	8.755,5	13%
Manhuaçu	20.369,3	59%	18.608,4	59,0%	38.977,7	59%
Piranga	0,7	0%	0,5	0,0%	1,2	0%
Santa Maria do Doce	1.630,8	5%	1.231,5	3,9%	2.862,3	4%
Santo Antônio	0,2	0%	13,2	0,0%	13,4	0%
São José	2.506,9	7%	940,6	3,0%	3.447,5	5%
Suaçuí Grande	4.352,2	13%	7.846,1	24,9%	12.198,3	18%
Soma	34.766,0	100%	31.528,4	100%	66.294,4	100%

Tabela 22 - Alocação da modalidade de plantio total com fins econômicos em assentamentos rurais

Plantio total COM fins econômicos em APPs em assentamentos	
Assentamento de reforma agrária	Área (ha)
PA Tomazzini	2,8
PA Madre Cristina	2,3
Total	5,0

Tabela 23 - Alocação da modalidade de plantio total com fins econômicos por unidades de gestão

Unidades de gestão	APP		ZR		Total	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Guandú	3.897,5	20%	2.837,4	52 %	6.734,9	27%
Manhuaçu	12.983,8	65%	406,4	8%	13.390,1	53%
Santa Maria do Doce	1.308,4	7%	231,6	4%	1.540,0	6%

São José	1.470,0	7%	1.926,5	36%	3.396,5	13%
Suaçuí Grande	283,4	1%	-	0%	283,4	1%
Soma	19.943,0	100%	5.401,9	100%	25.344,9	100%

Tabela 24 - Alocação da modalidade de plantio total sem fins econômicos por unidades de gestão

Unidades de gestão	APP		ZR		Total	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Guandú	3.790,4	19%	2.332,1	50%	6.122,4	25%
Manhuaçu	12.504,3	64%	1.621,2	34%	14.125,5	58%
Santa Maria do Doce	1.426,3	7%	-	0%	1.426,3	6%
São José	1.673,3	9%	643,3	14%	2.316,6	10%
Suaçuí Grande	260,2	1%	111,6	2%	371,8	2%
Soma	19.654,5	100%	4.708,2	100%	24.362,6	100%

Tabela 25 - Alocação das modalidades de recuperação ambiental por unidades de gestão

Unidades de gestão	Total RN		Total SAF		Total SFE		Total todas as modalidades	
	Área (ha) *	%	Área (ha) *	%	Área (há*)	%	Área (ha) *	%
Caratinga	38,61	0%	-	-	-	-	38,6	0%
Guandú	8755,5	13%	6.734,9	27%	6.122,4	25%	21.612,8	19%
Manhuaçu	38.977,7	59%	13.390,1	53%	14.125,5	58%	66.493,3	57%
Piranga	1,2	0%	-	-	-	-	1,2	0%
Santa Maria do Doce	2.862,3	4%	1.540,0	6%	1.426,3	6%	5.828,6	5%
Santo Antônio	13,4	0%	-	-	-	-	13,4	0%
São José	3.447,5	5%	3.396,5	13%	2.316,6	10%	9.160,6	8%
Suaçuí Grande	12.198,3	18%	283,4	1%	371,8	2%	12.853,5	11%
Soma	66.294,4	100%	25.344,9	100%	24.362,6	100%	116.001,9	100%