

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Kaio César Vilela Monteiro

**Distribuição Espacial de Fósforo e Saturação
por Bases no Município de Monte Carmelo-MG**

Monte Carmelo, Brasil

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Kaio César Vilela Monteiro

**Distribuição Espacial de Fósforo e Saturação por Bases
no Município de Monte Carmelo-MG**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, como requisito exigido parcial à obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Professora Doutora Adriane de Andrade Silva

Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Instituto de Ciências Agrárias

Bacharelado em Agronomia

Monte Carmelo, Brasil

2018

Kaio César Vilela Monteiro

Distribuição Espacial de Fósforo e Saturação por Bases no Município de Monte Carmelo-MG

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, como requisito exigido parcial à obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Trabalho aprovado. Monte Carmelo, Brasil, 12 de julho de 2018:

**Professora Doutora Adriane de
Andrade Silva**
Orientador

**Professora Doutora Ana Carolina
Silva Siqueroli**

**Engenheiro Agrônomo Brunno Cesar
Pereira Rocha**

Monte Carmelo, Brasil
2018

Dedico a minha família, meu pai Avelande, minha mãe Ofélia e ao meu irmão Kássio.

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais, irmão e amigos que estiveram comigo durante toda a caminhada que foi o curso de agronomia. Os mesmos estiveram comigo em tempos bons e ruins, principalmente nos momentos proporcionados na república pingaiada. Agradeço também a minha namorada que ficou ao meu lado nos momentos de maior dificuldade. Meus professores também não podem ser esquecidos, visto que sem eles eu não possuiria a base para atuar como Engenheiro Agrônomo.

*Ninguém vai bater mais forte do que a vida. Não importa como você bate e sim o quanto
aguenta apanhar e continuar lutando; o quanto pode suportar e seguir em frente. É
assim que se ganha. - Rocky Balboa*

Resumo

O conhecimento do uso da terra é uma ferramenta de extrema importância para planejadores e legisladores. No Brasil, a execução de mapeamentos para essa temática é uma demanda permanente para diversos setores. Desse modo, enquadram-se as instituições de pesquisa e planejamento; os órgãos federais, estaduais e municipais; as empresas de iniciativa privada; além de órgãos internacionais. No geral, todos esses setores buscam um só objetivo, sendo as informações relativas aos meios físicos e naturais. Ademais, vislumbra-se o planejamento da ocupação de forma racional das terras para a gestão ambiental. Para tanto, concilia-se os desenvolvimentos econômicos e sociais, sobretudo, com a conservação e proteção dos recursos naturais. Logo, contempla-se os requisitos básicos para o desenvolvimento sustentável, previstos na Agenda 21.

A utilização dos dados (atualizados) sobre o uso e cobertura do solo é muito ampla e permite diversos estudos, dentre os quais: variabilidade dos atributos nas unidades de mapeamento do solo; recursos hídricos; controle de inundações; aptidão agrícola; identificação de áreas com processos erosivos avançados; avaliação de impactos ambientais; densidade de amostragem ideal em levantamentos de solos; e a formulação de políticas econômicas aplicação do conceito de manejo localizado- AP (BERG; KLAMT, 1997; Rosa, 2003 DODERMANN; PING, 2004). Contudo, baseando-se nesses estudos, torna-se possível elaborar um melhor planejamento para desenvolvimento da região.

Palavras-chave: Fósforo, Saturação por Base, Distribuição Espacial, Análise.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Métodos usados para Mapeamento de Solos. Fonte: Adaptado de Mc Bratney et al. (2000).	13
Figura 2 – Mapa de uso e ocupação da Terra em 2015 no Município de Monte Carmelo-MG de CARDOSO, H.M.(2017).	13
Figura 3 – Localização do município de Monte Carmelo. Fonte: Google Maps, 2017.	14
Figura 4 – Gráfico Climático Anual de Monte Carmelo. Fonte: Climate-Data, (2017).	15
Figura 5 – Distribuição de Semivariograma das frequências dos teores de fósforo (mg dm ⁻³) no município de Monte Carmelo- MG.	17
Figura 6 – Mapa de distribuição espacial do fósforo nos solos do município de Monte Carmelo – MG.	18
Figura 7 – Distribuição de Semivariograma das frequências da saturação por bases (mg dm ⁻³) no município de Monte Carmelo- MG.	19
Figura 8 – Mapa de distribuição espacial da saturação por bases nos solos do município de Monte Carmelo – MG.	19

Sumário

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Objetivos	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1	Mapeamento de Solos	11
3	MATERIAIS E MÉTODOS	14
3.1	Materiais	14
3.2	Delimitação e Caracterização da Área de Estudos	14
3.3	Método	16
3.3.1	Amostragem	16
3.3.2	Análises Laboratoriais e Histogramas de Frequência	16
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1	Fósforo (P)	17
4.2	Saturação por Bases (V)	18
5	CONCLUSÃO	20

1 Introdução

O conhecimento do uso da terra é uma ferramenta de extrema importância para planejadores e legisladores. No Brasil, a execução de mapeamentos para essa temática é uma demanda permanente para diversos setores. Desse modo, enquadram-se as instituições de pesquisa e planejamento; os órgãos federais, estaduais e municipais; as empresas de iniciativa privada; além de órgãos internacionais. No geral, todos esses setores buscam um só objetivo, sendo as informações relativas aos meios físicos e naturais. Ademais, vislumbra-se o planejamento da ocupação de forma racional das terras para a gestão ambiental. Para tanto, concilia-se os desenvolvimentos econômicos e sociais, sobretudo, com a conservação e proteção dos recursos naturais. Logo, contempla-se os requisitos básicos para o desenvolvimento sustentável, previstos na Agenda 21.

A utilização dos dados (atualizados) sobre o uso e cobertura do solo é muito ampla e permite diversos estudos, dentre os quais: variabilidade dos atributos nas unidades de mapeamento do solo; recursos hídricos; controle de inundações; aptidão agrícola; identificação de áreas com processos erosivos avançados; avaliação de impactos ambientais; densidade de amostragem ideal em levantamentos de solos; e a formulação de políticas econômicas aplicação do conceito de manejo localizado- AP (BERG; KLAMT, 1997; Rosa, 2003 DODERMANN; PING, 2004). Contudo, baseando-se nesses estudos, torna-se possível elaborar um melhor planejamento para desenvolvimento da região.

A utilização do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS, mostra de forma progressiva a importância na obtenção e disponibilização de informações dessa temática, até então pouco estudadas e divulgadas nos meios de informação (Embrapa, 1999, 2006). A definição do sistema brasileiro de classificação da capacidade de uso da terra tomou como base o sistema de classificação desenvolvido no atual Serviço de Conservação de Recursos Naturais do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (Klingebiel & Montgomery, 1961; Lepsch et al., 1983). Esse sistema foi selecionado devido a sua simplicidade em identificar e planejar a conservação de solo para a agricultura, sobretudo em nível empresarial (Marques, 1958).

No sistema de classificação de solos norte-americano, são estabelecidas categorias mais elevadas e subdivisões mais genéricas divididas quanto a recomendação ou não de terras para cultivos. As unidades mapeadas são agrupadas em classes observando suas capacidades de produções de culturas anuais e de pastagem, sendo o critério a não degradação do solo por um longo período temporal. As classes variam de I a VII, observando o grau de limitação. Dentro de cada uma dessas classes, são agrupados os similares em consonância com suas capacidades relativas ao tratamento dado aos solos, de modo a superar

as limitações de uso e permitir uma produção sustentável. As subclasses indicam o fator limitante e os principais problemas de conservação, os quais se relacionam com o solo (ç), erosão (e), drenagem (d) e clima (c). No geral, não existe muita diferença estrutural entre os sistemas norte-americano e brasileiro (Klingebiel & Montgomsry, 1961). Os utilizadores desse sistema podem ser pessoas especialistas em ciência do solo ou agrônomos treinados em conservação de solos. Para tanto, o método descrito pode ser aplicado para interpretar levantamentos simplificados, denominados levantamentos utilitários (Colfins, 1981). Ressalta-se que a classificação de terras é dependente dos seus dados base e da formulação e ligamento de suas várias unidades (Olson, 1974).

Segundo Beek (1978), a avaliação de terras se desenvolveu posteriormente à interpretação de levantamentos de recursos naturais. A interpretação de levantamentos pode sugerir que o solo não é o único fator do meio ambiente a ser considerado. Nesse sentido, o clima, a vegetação, a topografia e a hidrologia também podem estar envolvidos no processo interpretativo. Ademais, os levantamentos de solos podem ser interpretados de acordo com quaisquer sistemas classificatórios técnicos, tanto para a capacidade no uso quanto na aptidão de terras. Portanto, a avaliação das terras depende dos inventários de dados acerca dos recursos naturais, técnicos e socioeconômicos.

1.1 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo principal o estudo do uso e ocupação do solo para o município de Monte Carmelo. Dente os objetivos específicos, depreende-se estudar:

- A variabilidade espacial de fósforo;
- A variabilidade espacial por saturação de bases.

2 Referencial Teórico

2.1 Mapeamento de Solos

De forma geral, a expressão "uso da terra/solo" pode ser entendida como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem (ROSA, 2009). O mapeamento de solos, inicialmente, foi baseado em classificações que exigiam trabalhos em campo. Posteriormente, essa prática se modificou corroborado pelo avanço tecnológico atribuído aos satélites e câmeras em veículos aéreos (STEINER, 1970). Observadas as resoluções espaciais, temporais e radiométricas dessas ferramentas, tornou-se possível a compreensão dos padrões de organização dos espaços agrícolas alterados por questões antrópicas e naturais. Com base nessas alterações, a pesquisa científica voltou-se para a análise de tendências objetivando as previsões e o fornecimento de subsídios às ações do planejamento regional (ROSA, 1990).

Alguns exemplos de uso indevido dos solos podem ser observados nos intensos processos de erosão, desertificação, inundações, assoreamentos de cursos d'água (ROSA, 2009). No Brasil, especificamente, esse cenário pode ser observado recorrentemente. No estado de São Paulo, por exemplo, existe uma perda anual de aproximadamente 130 milhões de toneladas de solo agrícola (Bertoni & Lombardi Neto, 1985). Para a região Amazônica, os conhecimentos técnico-científicos dos ecossistemas ainda são muito limitados, o que permite o avanço de usos indevidos de recursos naturais, como a extração de madeira (Rodrigues et al., 1990). Portanto, torna-se pertinente admitir que a preocupação passe pelo ordenamento territorial, tal como acontece com as etapas do Zoneamento Agroecológico Econômico (ZEE).

Em um mapeamento de uso da terra, podemos identificar diversos tipos de classe conforme Silva (2014):

- Cerradão/ Cerrado/ Mata/ Reflorestamento: áreas de cobertura vegetal nativas (vegetação arbustivo-herbácea) e áreas de cobertura vegetal não-nativas (áreas reflorestadas);
- Cobertura vegetal nativas: vegetação com fisionomia herbáceo-arbustiva (campo sujo ou campo limpo);
- Pastagem: pastos naturais ou artificiais, degradados ou melhorados para fins principalmente de bovinocultura;
- Agricultura: culturas permanentes (ex.: café, banana), temporárias (ex.: cana-de-açúcar, mandioca);

- Área urbana: uso intensivo de superfícies artificiais não-agrícolas (edificações e sistema viário);
- Água: reservatórios naturais e artificiais (ex.: rios e represas).

Ao se tratar de métodos de levantamento e mapeamento de solos, algumas abordagens são pertinentes, tais como o método CLORPT (Jenny, 1941), os métodos geoestatísticos e o método híbrido (McBratney et al., 2000) .

O método CLORPT estabelece que o solo é o resultado da interação entre cinco fatores:

- Clima (CL);
- Organismos (O);
- Relevo (R);
- Material de origem (P);
- Tempo (T).

Os quatro primeiros fatores interagem entre si (dependentes) no decorrer de tempo (independente) e criam processos específicos que levam à diferenciação em horizontes e à formação do solo. Segundo Jenny (1941), a seguinte equação pode ser usada para descrever o processo de formação do solo: $S = f(\text{CLORPT})$. Os métodos geoestatísticos mostram a relação das variáveis geográficas por meio estatísticas descritivas e inferenciais. Segundo McBratney et al. (2000), o método híbrido é uma combinação de técnicas dos métodos CLORPT e geoestatístico. Logo, visa melhorar as previsões das propriedades dos solos através de novas técnicas quantitativas visto na Fig. 1.

Alguns exemplos de estudo de uso e ocupação de solos podem ser encontrados em Sanchez et al. (2005) e em Mollin et al., (2002). No estudo de Sanchez et al. (2005), os autores analisaram a variabilidade espacial de atributos químicos do solo e a produção de café em diferentes superfícies geomórficas. Os autores observaram a dependência espacial entre os atributos químicos estudados, também a correlação da superfície geomórfica para produtividade do café. Molin et al. (2002) estudaram o mapeamento da produtividade de café e sua ligação com os componentes férteis do solo. Os autores observaram que essa correlação pode resultar em altos ou baixos valores de produtividade e fertilidade do solo, com variação na produtividade de 22 a 75 sc/ha-1.

Nota-se na Fig. 2, de forma geral, que a mancha urbana apresentou crescimento constante e igual a 1 ponto percentual em cada década, refletindo a tendência ao crescimento das cidades. As atividades agropecuárias também mostraram significativo cresci-

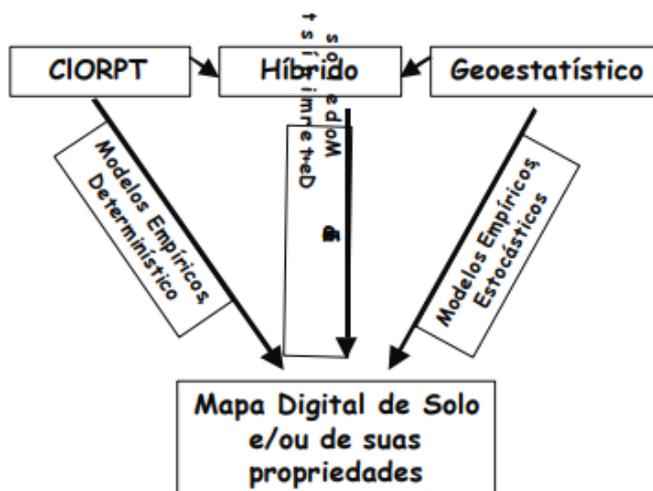


Figura 1 – Métodos usados para Mapeamento de Solos. Fonte: Adaptado de Mc Bratney et al. (2000).

mento, acompanhado pela esperada redução na quantidade de vegetação arbórea e campestre. De forma geral, a área ocupada por atividades agrícolas cresceu de 33%, em 1985, para 57 em 2015. A redução mais significativa diz respeito aos campos, cujo percentual de área coberta reduziu-se de 43% a 22%, considerando a série histórica objeto do presente estudo. Os resultados apontados quando se analisa a evolução do uso e ocupação do solo dão conta de que a agropecuária tem avançado vertiginosamente sobre as áreas com cobertura nativa de vegetação, fazendo-se necessário um controle rigoroso por meio da correção interpretação e aplicação da legislação ambiental, com vistas a garantir os serviços ecológicos, o equilíbrio dos ecossistemas, a preservação da fauna e da flora e a renovação dos recursos naturais em quantidade e qualidade suficiente para a manutenção da qualidade de vida e coexistência com outras espécies.

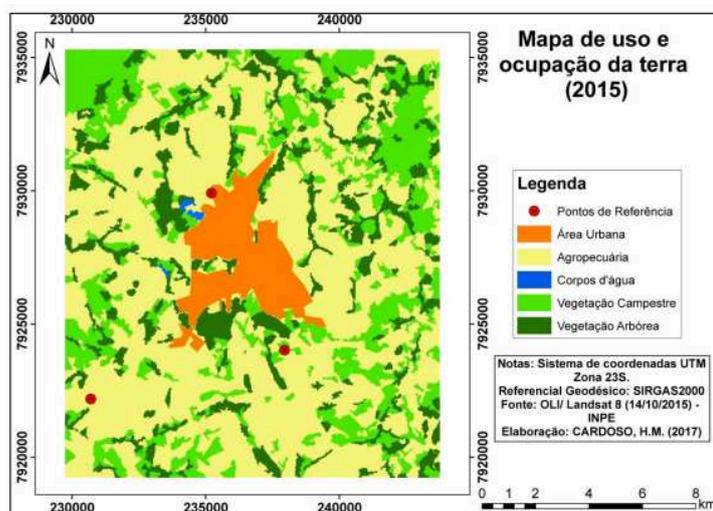


Figura 2 – Mapa de uso e ocupação da Terra em 2015 no Município de Monte Carmelo-MG de CARDOSO, H.M.(2017).

3 Materiais e Métodos

3.1 Materiais

Foram utilizados nessa pesquisa, os seguintes materiais, equipamentos e softwares:

- Trado do tipo holandês para coleta de amostras;
- GPS para localização geográfica das amostras;
- ArgGIS para espacialização das amostras.

3.2 Delimitação e Caracterização da Área de Estudos

A área de estudo da pesquisa foi o município de Monte Carmelo, situado em Minas Gerais, situada na Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. Essa área localiza-se referencialmente próxima as coordenadas geográficas $18^{\circ}44' 5''S$ e $47^{\circ}29' 47''O$, apresenta altitude média de 890 m e ocupa uma extensão de 1.343 Km². A Fig. 3 apresenta a localização da área de estudo.



Figura 3 – Localização do município de Monte Carmelo. Fonte: Google Maps, 2017.

A área estudada está inserida no bioma Cerrado. Segundo Coutinho (2006), esse bioma complexo é formado por um mosaico de comunidades ecologicamente inter relacionadas, com variação de campo sujo ao cerradão. Para tanto, principalmente em decorrência da expansão agropecuária, essa área teve sua vegetação natural gradativamente substituída por pastagens, culturas anuais e perenes. Ainda, apresenta clima tropical com duas estações bem definidas ao longo do ano, sendo elas o inverno seco (com temperaturas amenas - média de 20 °C) e o verão quente e úmido (com temperatura média de 25 °C). Nesse sentido, a classificação o clima da região pode ser classificado como Aw (Köppen e Geiger,1936), com uma temperatura média de 21.2°C como visto na Fig. 4, e precipitação média de 1444 mm.

Em decorrência das condições edafoclimáticas apresentadas, as atividades agropecuárias podem ser praticadas na extensão de todo o território, inclusive se configurando como a principal atividade econômica da região. Nesse cenário, o uso e a ocupação do solo ocorrem por meio da produção de café, madeira, cereais, hortaliças e pastagem (focada na bovinocultura) (Rosedo, 2012).

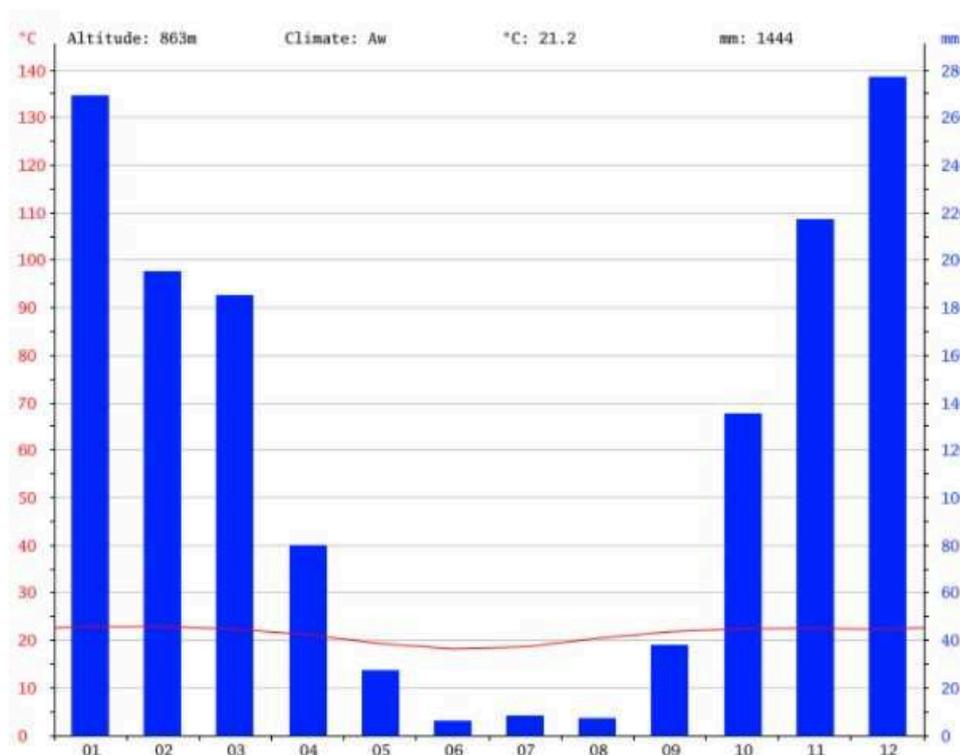


Figura 4 – Gráfico Climático Anual de Monte Carmelo. Fonte: Climate-Data, (2017).

3.3 Método

3.3.1 Amostragem

Foram coletadas 156 amostras, com distribuição aleatória sobre todo o território do município de Monte Carmelo sobre diferentes culturas anuais, pastagem, café, reflorestamento, cana-de-açúcar, abacate, mamão, mandioca, banana e cerrado e mata nativa. Para a seleção das áreas amostradas foram considerados os seguintes critérios: classe de solo, uso e ocupação do solo.

Das amostras retiradas, 40 foram de café em diversas idades, 36 de diferentes pastagens, 31 amostras de áreas com cereais (milho, feijão, sorgo e trigo), 23 amostras de matas nativas e cerrado, 18 em áreas com presença de eucalipto e mogno e as 8 restantes de diferentes culturas (tomate, abacate, mamão, banana e mandioca e cana-de-açúcar).

3.3.2 Análises Laboratoriais e Histogramas de Frequência

Em cada ponto amostral, foram retiradas aleatoriamente amostras simples. As coletas foram realizadas nas profundidades de 0 a 20 cm, com trado do tipo Holandês, e com o auxílio de um Sistema de Posicionamento Global (GPS). Em seguida, essas amostras foram misturadas e homogeneizadas para formar uma amostra composta. Posteriormente, elas foram encaminhadas para o Laboratório de Solos da Universidade Federal de Uberlândia. As amostras foram encaminhadas para o laboratório onde foi determinado os seguintes atributos químicos: fósforo (P) e saturação por bases (V) conforme metodologia proposta por Embrapa (1997).

Os pontos de coleta foram georreferenciados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), com a utilização do software ArcGIS. Em seguida, foram elaborados histogramas de frequência para todos os atributos químicos determinados para cada amostra coletada. A partir deles, foram realizadas as análises e discussões sobre a classe, uso e aptidão agrícola do solo. Todos os resultados de análise de solo foram comparados conforme padrões de fertilidade da 5ª aproximação, da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG), (1999).

4 Resultados e Discussão

4.1 Fósforo (P)

A classificação de fósforo (P) dos solos de acordo com a CFSEMG (1999), depende da textura para sua interpretação, os solos da cidade de Monte Carmelo, tem muitas áreas com texturas argilosas e muito argilosas, mas também encontramos solos com textura média tendendo a arenosa. Como o objetivo foi trabalhar com valores médios nessa avaliação, iremos adotar para os solos a textura predominante na região, que é de solos de textura argilosa (35% a 60% de argila).

Observa-se que 70% das amostras estão enquadradas com valores entre 0 e 15 mg dm⁻³, ou seja, classificados como teor médio, que a maioria das amostras (109 amostras), se enquadram nessa categoria era esperado, pois o fósforo é um nutriente que tem particularidades muito distintas em relação aos processos de adsorção. Se os solos da região fossem em sua maioria solos de textura média, esses teores estariam enquadrados como baixos. O fósforo em solos argilosos tem maior probabilidade de adsorção, pois são solos que normalmente possuem mais cargas, pontos de adsorção.

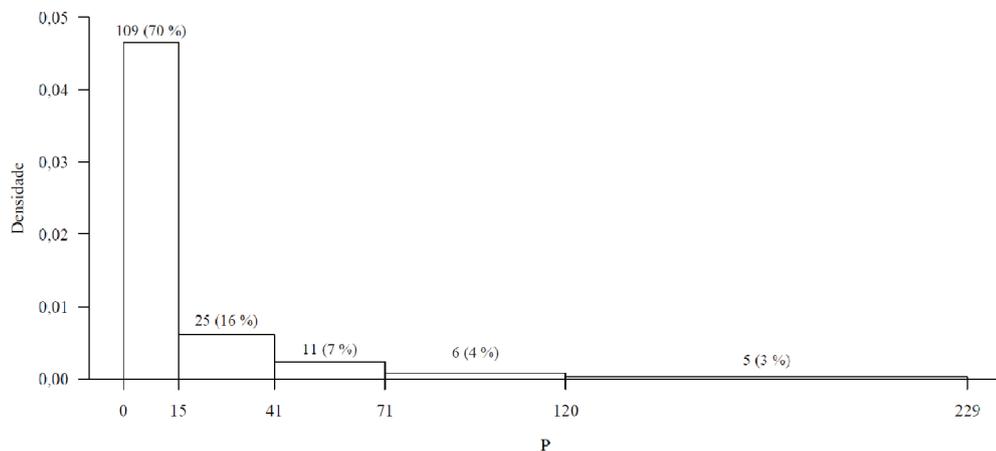


Figura 5 – Distribuição de Semivariograma das frequências dos teores de fósforo (mg dm⁻³) no município de Monte Carmelo- MG.

O conhecimento de atributos do solo, que reflete o poder de adsorção de fósforo, permite o aprimoramento do diagnóstico da dinâmica deste elemento no solo e da sua disponibilidade para os vegetais (NOVAIS; SMYTH, 1999).

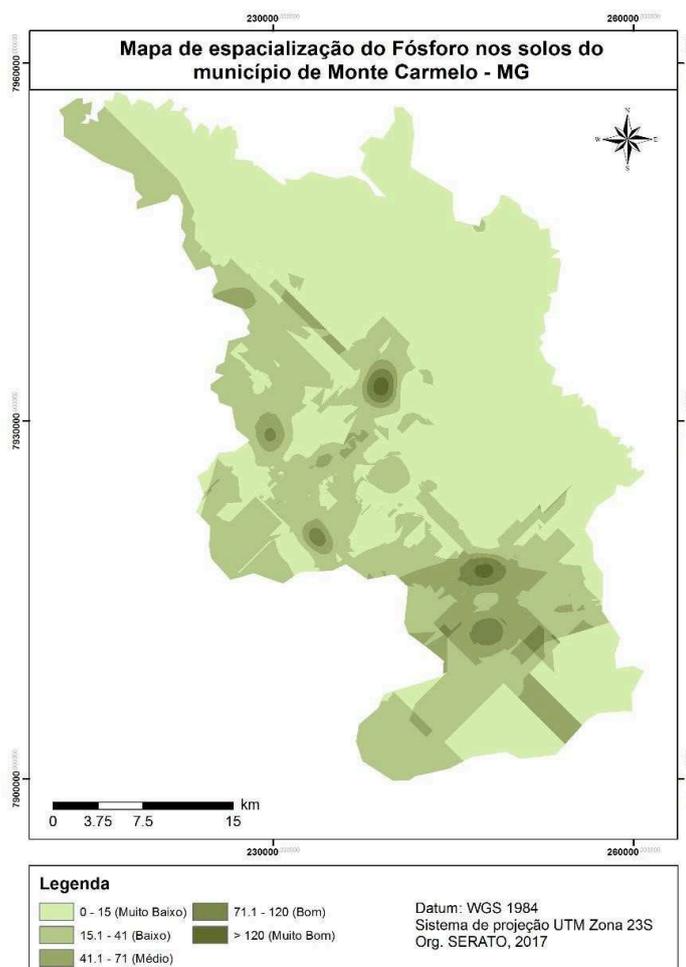


Figura 6 – Mapa de distribuição espacial do fósforo nos solos do município de Monte Carmelo – MG.

4.2 Saturação por Bases (V)

A saturação por bases (V) refere-se à proporção de cátions básicos trocáveis (taxa percentual, $V(\%) = 100 \times S / T$) em relação à capacidade de troca determinada a pH7. A expressão alta saturação se aplica a solos com saturação por bases igual ou superior a 50% (Eutrófico) e baixa saturação para valores inferiores a 50% (Distrófico). Esta característica está relacionada diretamente à fertilidade natural do solo onde os atributos Eutrófico (alta fertilidade) e distrófico (baixa fertilidade) indicam a necessidade ou não de adubação para uso agrícola.

Na Fig. 7, temos a distribuição de semivariogramas das frequências encontradas na saturação por bases. A análise do gráfico possibilita identificar que entre 0% e 20% ocorreu a incidência de 19% das amostras. Nesse intervalo, de acordo com a classificação proposta pela CFSEMG, 1999, as amostras são classificadas como muita baixa fertilidade. Nos intervalos de 20% a 40% e 40% a 60%, concentram-se 58% das amostras coletadas,

sendo classificadas de baixa a média fertilidade. Os 23% restantes dividem-se entre Boa fertilidade (60% a 80%) e muito boa fertilidade (acima de 80%). Observa-se que mais da metade dos solos do município de Monte Carmelo apresentaram valores que os classificaram como sendo de baixa a média fertilidade.

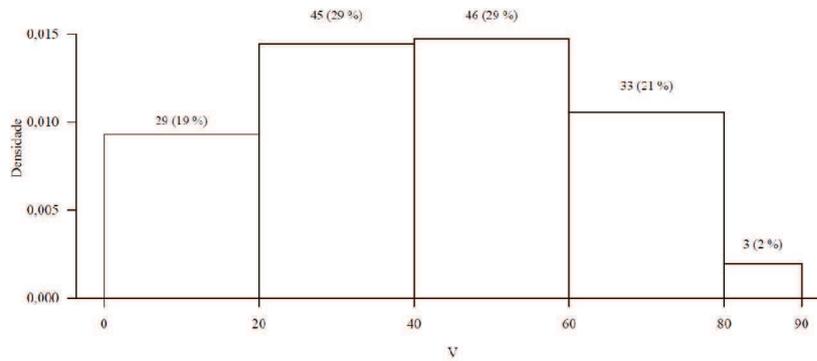


Figura 7 – Distribuição de Semivariograma das frequências da saturação por bases (mg dm-3) no município de Monte Carmelo- MG.

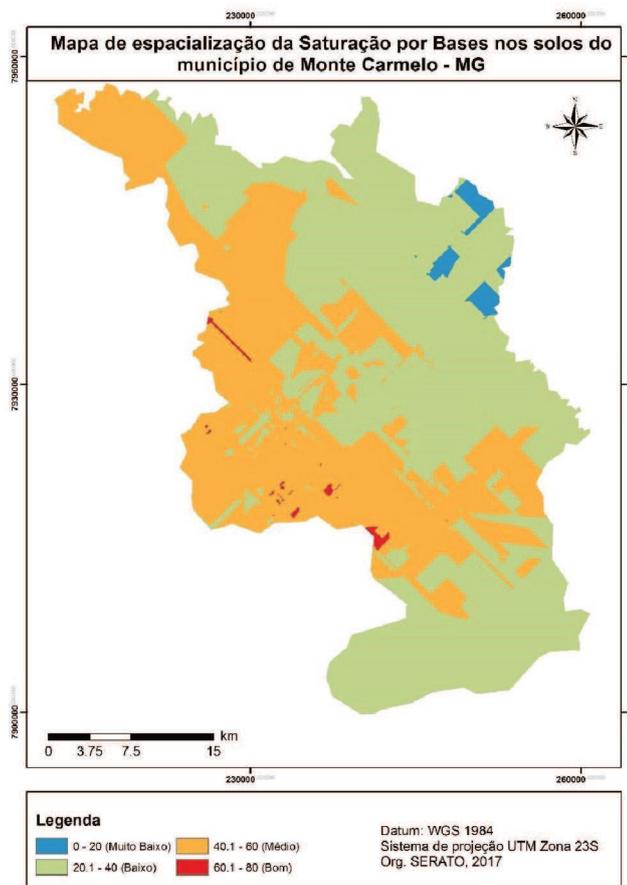


Figura 8 – Mapa de distribuição espacial da saturação por bases nos solos do município de Monte Carmelo – MG.

5 Conclusão

Conclui-se que os solos do município de Monte Carmelo, possui na sua maioria uma concentração media de fosforo, levando em consideração a sua textura do solo que e argilosa (35% a 60%). Levando em conta a saturação por base, os solos da região te uma fertilidade avaliada de baixa a media.

Referências

- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5. ed. Lavras, 1999. 359 p.
- CHAVES, L. H. G.; VASCONCELOS, A. C. F.. Alterações de atributos químicos do solo e do crescimento de plantas de milho pela aplicação de xisto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 84-88, 2006. Disponível em: . Acesso em: 14/06/2012.
- EMBRAPA AGROBIOLOGIA, 2007. 6 p. (Embrapa. Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C). Seropédica. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos. Embrapa - SPI. 1995. 116 p
- FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G.A.A. Fertilidade do solo. 2001. 252f. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Solos e Meio Ambiente) – Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- KÖEPPEN, W. P.; GEIGER, R. Das geographische system der klimate. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Handbuch der klimatologie*. Berlin: Borntrager, 1936. v.1, part c.
- NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. 1.ed. Viçosa: UFV, DPS, 1999. 399p.
- McBRATNEY, A. B.; DE GRUIJTER, J. J. A continuum approach to soil classification by modified fuzzy k-means with extragrades. *Journal of Soil Science*, Oxford, v. 43, n. 1, p. 159-175, 1992.
- McBRATNEY, A. B.; ODEH, I. O. A.; BISHOP, T. F. A.; DUNBAR, M. S.; SHATAR, T. M. An overview of pedometric techniques for use in soil survey. *Geoderma*, Amsterdam, v. 97, n. 3-4, p. 293-327, 2000.
- McBRATNEY, A. B.; WEBSTER, R. Spatial dependence and classification of soil along a transect in northeast Scotland. *Geoderma*, Amsterdam, v. 26, p. 63-82, 1981.