

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM AGRICULTURA FAMILIAR
CAMPONESA E EDUCAÇÃO DO CAMPO**

**AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE E VITALIDADE DO
SOLO PELA CROMATOLOGRAFIA DE PFEIFFER E SEU
POTENCIAL PARA MOTIVAR MANEJOS
AGROECOLÓGICOS**

ARTIGO

Ivando de Siqueira

**Santa Maria, RS, Brasil
2016**

**AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE E VITALIDADE DO SOLO
PELA CROMATOGRÁFIA DE PFEIFFER E SEU POTENCIAL
PARA MOTIVAR MANEJOS AGROECOLÓGICOS**

IVANDO DE SIQUEIRA

Artigo apresentado ao curso de especialização em agricultura familiar e educação do campo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Especialista

Orientador: prof. Dr. José Geraldo Wizniewsky

**Santa Maria, RS, Brasil
2016**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM AGRICULTURA FAMILIAR
CAMPONESA E EDUCAÇÃO DO CAMPO II**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova o artigo de Especialização

**AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE E VITALIDADE DO SOLO
PELA CROMATOLOGRAFIA DE PFEIFFER E SEU POTENCIAL
PARA MOTIVAR MANEJOS AGROECOLÓGICOS**

elaborado por
Ivando de Siqueira

**Como requisito parcial para obtenção do grau de
Especialista em Agricultura Familiar Camponesa e Educação do Campo**

COMISSÃO EXAMINADORA:

Jose Geraldo Wizniewsky, Dr. (UFSM)
(Presidente/orientador)

Marielen Priscila Kaufman, Msc. (UFSM)

Lucas Pilon, Dr. (UFSM)

Santa Maria, outubro de 2016.

AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE E VITALIDADE DO SOLO PELA CROMATOGRÁFIA DE PFEIFFER E SEU POTENCIAL PARA MOTIVAR MANEJOS AGROECOLÓGICOS

Autor: Ivando de Siqueira

Universidade Federal de Santa Maria

Curso de especialização em agricultura familiar e educação do campo II

Resumo: O presente trabalho teve por objetivo investigar como se expressa a qualidade do solo através da cromatografia de Pfeiffer em relação à análise química convencional, a partir da análise de diferentes amostras de solo quanto a sua fertilidade e vitalidade. As amostras de solo foram classificadas de acordo com as semelhanças e/ou diferenças manifestadas. Os principais elementos avaliados da análise química foram: teor de matéria orgânica, soma de bases, saturação de bases, saturação de cálcio e teor de fósforo. Este trabalho permitiu identificar que a cromatografia se constitui um método distinto de avaliação da qualidade do solo, com ênfase em sua vitalidade. Constata-se que a cromatografia é um importante método que pode ser aliado à análise química, contemplando parâmetros qualitativos e quantitativos de modo mais eficiente. Vislumbra-se também o seu potencial para sensibilizar e motivar processos de manejo agroecológico.

Palavras-chave: atividade microbiana, processos bioquímicos, húmus, matéria orgânica, saúde do solo.

1- INTRODUÇÃO

Com os avanços da ciência e descoberta sobre química agrícola e nutrição de plantas em meados do século XIX, a partir de Liebig, tornou-se possível a síntese de fertilizantes concentrados e de alta solubilidade. Isso despertou o interesse da indústria ao ver a agricultura como um grande potencial de mercado que, desde então, passou a ser subordinada aos interesses do capital industrial que tem fomentado um processo de industrialização e artificialização da agricultura, constituindo-se no atual modelo de produção agrícola.

Este modelo tem se constituído sob um paradigma consumista, hoje adaptado ao advento da biotecnologia, desenvolvendo-se uma racionalidade produtivista que tem ignorado o solo como um sistema vivo (MACHADO, MACHADO F., 2014). Ao longo do tempo, este modelo de agricultura mostrou-se insustentável e inadequado às condições tropicais ao comprometer a funcionalidade ecológica do solo, (PRIMAVESI, 1982), além de causar

severos impactos socioculturais, econômicos e ambientais. Em razão disso, a preservação do solo tornou-se um grande desafio ao desenvolvimento humano em vista das preocupações ambientais e alimentares e sua influência à água, ao ar e a vida (LAHMAR, 2004).

O solo é um sistema vivo e dinâmico, pois, assim como qualquer ser vivo ele possui metabolismo próprio, exercendo inúmeras funções e processos vitais à manutenção da vida como um todo (PRIMAVESI, 1982). Sob a ótica de que a qualidade do solo não se limita a fertilidade química e produtividade agrícola tem-se introduzido o termo saúde do solo, vindo a contemplar as interações com o meio ambiente e sua relação com a saúde humana e animal (PINHEIRO, 2011). Portanto, é vital que os sistemas agrícolas sejam orientados por princípios ecológicos, segundo a dinâmica dos ecossistemas naturais, o que implica num processo criativo de redesenho e manejo dos agroecossistemas (GLIESSMAN, 2001).

Sob o ponto de vista agroecológico, Silva e Comin (2010) citam que é necessário outro olhar para compreender o solo e o conceito de fertilidade enquanto um componente do agroecossistema. Inclusive, é importante adotar metodologias que possibilitem a interação de saberes com e entre os agricultores para construir maiores conhecimentos e a resolução de problemas. Nesse sentido, faz-se necessário a adoção de metodologias qualitativas para a avaliação do manejo e sustentabilidade dos agroecossistemas em sua complexidade, de forma simples, prática e acessível, inclusive aos agricultores (SARANDON; FLORES, 2009).

Entretanto, é comum tanto a técnicos e agricultores terem dificuldades e/ou resistência para avançar em relação a melhores práticas de manejo do solo, bem como em monitorar e orientar o manejo dos agroecossistemas e efetivar processos de conversão agroecológica. Além disso, de modo geral os métodos convencionais para avaliação da qualidade do solo consistem em dados quantitativos que exigem recursos e tecnologias sofisticadas de custo elevado, sendo restritos a fatores de difícil aplicação e interpretação pelos agricultores em geral. Embora seja indispensável, a simples análise quantitativa de forma isolada é limitada para avaliar da qualidade do solo em sua complexidade.

Nesse sentido, o resgate de conhecimentos de Ehrenfried Pfeiffer (1899-1961) sobre cromatografia de superfície plana se apresenta como um método de análise integral da qualidade do solo, cuja avaliação consiste basicamente na interpretação das características reveladas por imagem como cor, forma e harmonia. Este método contempla propriedades físicas, químicas, biológicas e, inclusive, bioquímicas, que a princípio foi desenvolvido para avaliar a qualidade de alimentos (PINHEIRO, 2011, RIVERA, 2011). A técnica consiste de alguns materiais e procedimentos simples de laboratório, sendo relativamente prático e de fácil identificação. Inclusive, esta pode ser uma ferramenta com potencial para sensibilizar e

estimular a adoção de melhores práticas de manejo dos sistemas agrícolas, visando à saúde do solo e a qualidade dos alimentos, bem como a saúde humana e animal.

O presente trabalho teve por objetivo investigar como se expressa a fertilidade e vitalidade do solo através da cromatografia de Pfeiffer a partir de diferentes amostras de solo, realizando-se um estudo comparativo quanto ao seu uso e manejo e em relação à análise química tradicional. Para tanto foram coletadas amostras de solo de duas regiões, a maior parte proveniente de área localizada no município de Capitão-RS e outras do Assentamento Santa Rita de Cássia, em Nova Santa Rita-RS.

Com base no resultado das análises fez-se a classificação das amostras segundo suas semelhanças e/ou diferenças de dados e características. Os principais elementos analisados da análise química foram: teor de matéria orgânica, soma de bases, saturação de bases, saturação de cálcio e teor de fósforo. Além disso, vislumbra-se a utilização da cromatografia como um instrumento em potencial para sensibilizar a técnicos e agricultores à adoção de boas práticas de manejo do solo, bem como para motivar manejos e processos de produção agroecológica.

2- REVISÃO DE LITERATURA

2.1- A vitalidade e saúde do solo como noção de qualidade

A partir de novos conhecimentos e tecnologias que surgem no decorrer do tempo, naturalmente alguns paradigmas e concepções passam a ser contestados frente à constatação de limites à compreensão de determinadas questões, o que gradativamente conduz a emergência de novos paradigmas e de concepção de mundo. Em vista dos impactos socioambientais em decorrência do atual modelo convencional de produção agrícola, difundido a partir dos descobrimentos de Liebig em química agrícola, , isso motivou a busca por novos conhecimentos e tecnologias visando maior sustentabilidade da produção agrícola.

Em geral, costuma-se dar maior importância às propriedades físicas e químicas do solo como indicadores de qualidade por serem mais fáceis de mensurar. No entanto, como os indicadores biológicos são mais dinâmicos eles podem sinalizar se o manejo adotado está levando a um processo de degradação ou reabilitação do solo (AQUINO, 2005), inclusive mesmo de forma empírica. Conforme Primavesi (2014), as análises químicas muitas vezes são de perfil do solo fora do alcance da rizosfera, além de que a análise convencional não permite

identificar em que condição os nutrientes minerais se encontram no solo, se na forma oxidada (disponível às plantas), ou reduzida (geralmente tóxica). O mesmo vale a outras substâncias, como compostos xenobióticos, e seus efeitos à vida do solo e plantas.

Sob o ponto de vista da bioenergética, os sistemas vivos são sistemas abertos em sinergia, produzindo sintropia, uma condição inerente à sustentação da vida, de modo que todo manejo e/ou intervenção sobre os agroecossistemas pode ser positiva ou negativa sobre os processos ecológicos (PINHEIRO et al., 2000). Assim, com o estímulo da biocenose do solo, a partir do aporte de biomassa para proteção do solo e alimento à atividade biológica, constata-se que ao longo do tempo a sua fertilidade pode elevar-se consideravelmente (MACHADO, MACHADO F., 2014). Isto é essencial também à formação e manutenção da bioestrutura do solo e de sua capacidade produtiva (PRIMAVESI, 1982).

Segundo Howard (2007), “a fertilidade do solo somente pode ser entendida se a considerarmos relacionada com a natureza como um todo” (p.53). O respectivo autor salienta que é essa dinâmica dos ecossistemas naturais que faz girar a roda da vida, tendo como um princípio à prática agrícola o equilíbrio entre crescimento e decomposição, estimulando assim a biocenose do solo de modo a tornar a fertilidade do solo crescente no espaço e tempo. A fertilidade do solo, além de antrópica, deve ser entendida como uma propriedade do sistema, por sua capacidade de gerar vida. Sob esta ótica sua fertilidade está integrada à esfera do ecossistema, a qual pode ser medida em termos de biomassa (KHATONIAN, 2001).

Diferentemente da visão reducionista, a qualidade do solo não se limita somente a sua capacidade produtiva, mas envolve também a qualidade ambiental, a qualidade do alimento, bem como a saúde humana e animal (AMADO; ELTZ, 2003). De acordo com Pinheiro (2011), a **saúde do solo** (grifo do autor) é uma condição essencial à integridade dos ecossistemas terrestres e às suas funções ecológicas, como de regulação das condições ambientais, inclusive às atividades humanas. Nesse sentido, ao longo do tempo foi se construindo um novo conceito, passando-se a integrar atributos ecológicos e a dimensão temporal, o que tem resultado na seguinte definição de saúde do solo:

A capacidade continuada do solo em funcionar com um sistema vivo vital, dentro dos limites do ecossistema e do uso da terra, para sustentar a produtividade biológica, promover a qualidade dos ambientes aéreos e aquáticos, e manter a saúde vegetal, animal e humana (DORAN et al., 1997 apud PINHEIRO, 2011; p. 47).

Sob o paradigma ecológico, tanto a economia como a saúde e a inteligência humana dependem do solo, ou seja, do alimento proveniente dele, para o qual a matéria orgânica em

decomposição ou humificada é essencial e dependente da vida do solo em sua biodiversidade (PRIMAVESI, 1982; 2014). Com base no conhecimento científico e tecnológico atual, tendo em vista o fim da era petroquímica, vislumbra-se que o húmus “provavelmente represente a mais importante fonte de riqueza humana neste planeta” (WAKSMAN, 2012; p. 404). A partir de pesquisas e estudos recentes constatou-se que o húmus possui a capacidade de solubilizar minerais raros e que “os ácidos húmicos possuem a capacidade de regularizar a velocidade e dinâmica das reações no solo, metabolismo de microrganismos e alterar o metabolismo de muitas plantas” (WASKMAN, 2012; p. 406).

À luz de conhecimentos desvendados, hoje recuperados e disponibilizados ao público que estrategicamente foram ignorados e/ou ocultados em detrimento da teoria do húmus, cabe salientar que a teoria proposta por Liebig em 1840 sobre nutrição de plantas a partir de substâncias simples e sua lei da fertilidade decrescente do solo, constituiu-se a base teórica do paradigma consumista do modelo convencional de agricultura, o qual foi condicionado à lógica da indústria (MACHADO; MACHADO F., 2014). É importante salientar que, em vista de interesses comerciais do poder econômico dominante, nos últimos cento e cinquenta anos uma das principais estratégias “foi gerar, impedir, manipular e induzir conhecimentos, saber e informação para evitar a percepção de que não só as máquinas, mas também os humanos necessitam o mesmo alimento: Carbono do Sol” (WAKSMAN, 2012; p. 11).

A dinâmica da fertilidade está relacionada ao clima, tipo de vegetação, insumos e manejos adotados, pois isso modifica as condições do ambiente e determina o tipo de biota do solo. Portanto, a ação antrópica através do uso e manejo do solo influi diretamente sobre os fatores bióticos e abióticos por afetar sua temperatura, umidade, nível de oxigênio e nutrição de plantas, que por sua vez rege os processos bioquímicos e interfere na qualidade da matéria orgânica (AQUINO, 2005). A presença de matéria orgânica e sua humificação são de grande importância à qualidade do solo, para o qual a aeração do solo é um fator determinante ao metabolismo aeróbio ou anaeróbio. Isto pode ter um forte efeito na energia disponível ao crescimento microbiano e no tipo de produtos finais, como enzimas e respectivas reações bioquímicas (WHITE, 2009). Além da importância da biota do solo à manutenção de sua fertilidade e saúde, é fundamental o conhecimento da biologia e ecologia do sistema, de suas interações e limitações impostas por fatores climáticos, fatores sociais e econômicos que determinam as estratégias de manejo utilizadas (FERNANDEZ et al., 2008).

O conhecimento em microbiologia e bioquímica do solo é essencial para entendermos a importância dos microrganismos nas relações cíclicas da natureza (D’ANDRÉA, 2009). Conforme Primavesi (1982; 2014) a diversidade da microvida do solo é essencial à

mobilização de nutrientes e para um solo produtivo e saudável, a qual depende da diversidade vegetal e de matéria orgânica - MO como seu substrato, além de nutrição adequada, principalmente cálcio - Ca e fósforo - P.

De acordo com Gurevich et al., (2009), a demanda de cálcio pelas plantas em geral é alta, porém seu nível pode variar consideravelmente entre os diferentes tipos de solo. Em regiões úmidas de solos com pH baixo pode haver uma alta lixiviação do cálcio, tornando-se limitante à produção agrícola considerando também a exigência das plantas e exportação de nutrientes do sistema. Segundo Coelho e Verlegia (1973), o P no solo ocorre sob a forma orgânica e inorgânica, a primeira encontrada principalmente na matéria orgânica - MO e a segunda na Argila. De acordo com sua mobilidade, normalmente o P se encontra em maior concentração na camada superficial do solo. Em geral, o conteúdo de P orgânico aumenta com a elevação da MO e diminuição do pH. A maior parte do P assimilado pelas plantas provém principalmente da região da rizosfera da planta, onde predomina a atividade microbiana e mineralização do P (GUREVICH et al., 2009).

A vida no planeta é sustentada basicamente pelos processos de fotossíntese e decomposição, ocorrendo no solo inúmeros processos bioquímicos resultante da atividade dos microrganismos, cujas inter-relações e funções são essenciais à sanidade vegetal e qualidade do solo e do ambiente (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). A busca por métodos e parâmetros sensíveis e úteis para diagnosticar mudanças da atividade microbiana do solo vem sendo objeto de investigação de pesquisadores no propósito de desenvolver outras formas de avaliação da qualidade e fertilidade do solo (FERNANDEZ et al., 2008).

A decomposição dos materiais orgânicos depende da ação de uma diversidade de microrganismos que atuam em equipe, onde cada espécie desempenha uma função para que a outra possa dar continuidade ao processo de decomposição, os quais obtém seu alimento através da excreção de enzimas específicas. (PRIMAVESI, 1982). Por esta razão, a atividade enzimática do solo tem sido considerada o principal fator que contribui à atividade microbiológica total do solo e para sua qualidade. Conforme Moreira e Siqueira (2006),

todas as transformações bioquímicas do planeta são dependentes ou relacionadas à presença das enzimas, e o solo, como entidade biológica, é um sistema bioquímico altamente regulado por catálises, onde as principais reações de transformação são mediadas, principalmente, pelas hidrolases, oxireductases que controlam o processo de decomposição dos materiais orgânicos e transformações inorgânicas (p.184).

Primavesi, (1982) salienta que “um solo não se torna “ativo” pelo numero de microrganismos e microanimais presentes, mas, sim, pela quantidade de enzimas nele

existentes e que geralmente são mais ativas em pH entre 5,0 e 6,0” (p. 151). Como os microrganismos são seres unicelulares que não conseguem digerir seu próprio alimento, eles excretam enzimas que exercem esta função fora de seu organismo. Estes se nutrem através da membrana celular pela absorção de substâncias então dissolvidas pela ação das enzimas. Assim, de acordo com a autora, o mais importante não é a quantidade de organismos vivos no solo mas a sua atividade que se expressa pela presença de enzimas excretadas, as quais são catalizadoras de inúmeros processos bioquímicos no solo.

Segundo Fernandez et al., (2008), as enzimas são proteínas que catalisam inúmeras reações químicas nos sistemas vivos, tendo maior atividade na zona da rizosfera, as quais não sofrem alteração permanente. Todas as enzimas são proteínas, cuja funcionalidade depende do pH, concentração iônica do meio, temperatura e a presença ou não de inibidores. Sob condições de altas temperaturas e valores extremos de pH as enzimas se desnaturam. Dentre os vários tipos elas podem ser classificadas como intracelulares e extracelulares, sendo estas últimas adsorvidas na argila e colóides húmicos. O conhecimento sobre a atividade enzimática do solo é de grande importância ao entendimento da funcionalidade do ecossistema.

De acordo com a teoria da vitalidade do solo de Pfeiffer, “*a fertilidade do solo é proporcional à densidade populacional, biodiversidade da microflora e sincronização evolutiva do processo*”. Em síntese, “são as membranas vivas dos micróbios que transformam o orgânico em inorgânico e vice versa para que os autotróficos transformem gás carbônico em matéria orgânica para sua alimentação [...], que faz a fertilidade do solo ser crescente quando ele tem saúde” (PINHEIRO, 2011, p. 55, grifo do autor).

2.2- Contextualização histórica e importância da cromatografia

O resgate dos conhecimentos desenvolvidos por Ehrenfried Pfeiffer (1899-1961), sobre o método da cromatografia de superfície circular plana, se apresenta como um método inovador à mensuração da qualidade de vida e saúde do solo. Este possibilita fazer uma avaliação integral da qualidade do solo, o qual se caracteriza como um método qualitativo que compreende aspectos físicos, químicos, biológicos e, inclusive, bioquímicos. A técnica da cromatografia foi descoberta em 1902 pelo botânico russo Mikhail Tswett, cujo método era bastante complexo e consistia no uso de colunas de vidro, o qual identificou que a maioria das substâncias possui uma cor específica. Posteriormente Nicolai Izmailov e Maria Schraiber

adaptaram a técnica ao uso de folhas de papel filtro, podendo então ser utilizado inclusive como um documento de auto registro (PINHEIRO, 2011).

Dentre o período de guerras que se passava na Alemanha havia uma crescente preocupação dos camponeses alemães com a redução de seus rendimentos e qualidade dos alimentos, em vista do crescente uso de agroquímicos imposto pelo governo à produção agrícola. Naquela época também surgiu a sociedade antroposófica, a qual tinha preocupações com os rumos da agricultura, donde então teve origem a corrente denominada por **agricultura biodinâmica** (grifo nosso), cujo principal mentor foi o filósofo Rudolf Steiner (RIVERA, 2011). Este grupo contava com inúmeros cientistas, como o casal Eugen e Lily Kolisko, os quais se apresentaram para estudar o problema a partir da técnica da cromatografia, tendo então desenvolvido análises muito aprofundadas. Além desses, também o bioquímico Ehrenfried Pfeiffer (1899-1961) se propôs a colaborar, pois o mesmo estudava a aplicação da cromatografia na investigação de algumas doenças graves. Outra pessoa que fazia uso da cromatografia foi o engenheiro agrônomo Teodor Schwenk, que estudava sobre a capacidade de impregnação e qualidade da energia das substâncias na água.

Em geral as substâncias possuem características físicas e químicas próprias (como a cor), assim como os minerais possuem um campo eletromagnético (CEM) próprio. Por sua vez, os microrganismos se aproveitam disso para restaurar as condições de seu metabolismo. Considerando que a água é indispensável ao metabolismo dos seres vivos e um vetor dos minerais, os microrganismos são passíveis de sofrerem alterações em seu CEM por substâncias adversas ao seu meio, como produtos xenobióticos. De modo geral, os seres vivos sofrem com desequilíbrios causados no CEM, vindo inclusive a afetar o metabolismo microbiano e atividade enzimática, que por sua vez se reflete na qualidade dos alimentos, assim como na saúde humana e animal. Alguns dos principais microrganismos do solo afetados pelo uso de herbicidas são as algas (organismos fotossintéticos) e bactérias litotróficas, os quais são a base da vida do solo, cujo impacto é maior nas regiões tropicais úmidas. O uso de herbicidas também inibe a atividade aeróbia de decomposição e mineralização do material vegetal e MO, passando ao metabolismo de fermentação metanogênica, o que afeta a saúde do solo (PINHEIRO, 2011) e ao meio ambiente em geral.

Conforme o autor, “a vida é a integração das energias eletromagnéticas” (p.71) e como “os minerais-vivos” (metabolizado pelos microrganismos) apresentam carga elétrica e magnetismo distinto, isso se expressa na cromatografia através da radiação da zona mineral dos cromas por sua forma e cor (Figuras 2.1, 2.4 e 2.5). Em suma, de acordo com o autor, este método revela a vitalidade do solo que se manifesta em sua plenitude pela atividade

enzimática, sendo possível identificar se há interferências no processo bioquímico da vida do solo causado por agentes nocivos (Figura 2.1), seja de natureza física ou química.

Figura 2.1- Exemplos sobre o efeito da aplicação de herbicida, antes (E) e após (D) o seu uso.



Fonte: Rivera J. R., 2011; p. 104, 143

Ao perceber o quanto a fertilidade do solo é complexa e a importância da microbiologia do solo, Pfeiffer então se ocupou em estudar a transversalidade entre química, fertilidade e vitalidade do solo. A partir disso Pfeiffer tem formulado a **teoria da vitalidade do solo** (grifo do autor), visto a diversidade de microrganismos e inter-relação entre organismos autótrofos e heterótrofos, aeróbios e anaeróbios, e o seu papel na transformação do mineral em orgânico e vice-versa, de modo a tornar a fertilidade do solo crescente quando ele tem saúde. (PINHEIRO, 2011).

Devido as suas pesquisas Pfeiffer foi perseguido pelos nazistas, tendo então fugido para os Estados Unidos (EUA) onde terminou de desenvolver o método de determinação da vida e saúde do solo, vindo então a solucionar a questão dos camponeses alemães. Entretanto, este conhecimento ficou totalmente restrito, ocultado ao público, pois isso não convinha aos interesses mercadológicos do capital industrial, além de que os Estados Unidos já haviam adotado o modelo de Liebig à sua agricultura, tendo inclusive forte influência e apoio financeiro da Fundação Rockefeller (PINHEIRO, 2011).

A prática da cromatografia consiste na utilização de alguns materiais básicos e procedimentos relativamente simples, como papel filtro apropriado, solução de nitrato de prata (solução reveladora) e de hidróxido de sódio (solução extratora). Ao final do processo o papel filtro deve ser exposto de forma indireta a luz solar, que gradualmente vai se revelando o desenho do cromatograma. A sua imagem apresenta quatro zonas distintas do centro à borda do cromatograma, as quais são: zona central (de oxidação-redução); zona interna (mineral); zona

intermediária (proteica) e zona externa (enzimática). Isto então permite fazer uma avaliação mais abrangente da qualidade do solo (RIVERA, 2011).

A cromatografia se configura como um método de avaliação da qualidade de vida do solo, ou seja, de sua saúde, permitindo que se faça uma leitura rápida de forma visual, inclusive pelo próprio agricultor. A sua interpretação consiste na avaliação da cor, forma e harmonia entre as partes que constituem o cromatograma, considerando sua integração e tonalidade de como se expressa no desenho revelado. Assim, este método permite que se faça um diagnóstico e monitoramento das condições de vida do solo ao longo do tempo (PINHEIRO, 2011), segundo manejos adotados e fatores ambientais.

Figura 2.2 – Representação das partes (zonas) que compõe um cromatograma.



Fonte: Rivera. J. R., 2011: p.56.

Considerando que os minerais possuem cores características e que no solo ao serem submetidos a diferentes processos como meteorização, fermentação e/ou respiração, isto se manifesta através da cor dos mesmos, o que possibilita avaliar a fertilidade e sua qualidade, pois está diretamente relacionada à atividade biológica do solo (PINHEIRO, 2011). Segundo o autor, sob qualquer condição do ambiente (aeróbio ou anaeróbio, de oxidação e/ou redução, etc.), a soda cáustica se constitui um reagente analítico de elementos minerais e orgânicos que pela concentração destes ocorre uma variação em cor e tonalidade, o que permite utilizá-la como método de avaliação qualitativa e quantitativa. Conforme os autores citados, Pinheiro (2011) e Rivera (2011), na cromatografia os solos de boa qualidade apresentam um padrão de cores de tom mais claro, de castanho-prateado a dourado, e um pleno desenvolvimento radial do centro à borda do croma. Com relação aos solos de má qualidade, que foram maltratados,

os quais apresentam baixa vitalidade e predomínio de atividade anaeróbia, estes revelam cromas de cores escuras e com radiação fraca ou ausente (fig.2.3 e 2.4).

Figura 2.3- Ilustração de cores consideradas ideais (E) e indesejáveis (D) aos cromatogramas.



Fonte: Rivera. J. R., 2011; p.73.

Com base em seus experimentos, Pfeiffer concluiu que a solução de soda cáustica a 1% possibilita que ocorra a separação (por precipitação) das substâncias minerais dissolvidas na solução do solo de modo diferente daquelas que passaram pelo metabolismo microbiano. Isto se manifesta no cromatograma através da reação do Nitrato de Prata, o qual possui a capacidade de colorir substâncias complexas e de reagir com a totalidade dos elementos presentes no solo, de forma quantitativa, o que permite fazer uma avaliação qualitativa e quantitativa, inclusive de alta precisão por laboratórios mais sofisticados (PINHEIRO, 2011).

2.3 - Elementos para o entendimento e interpretação da cromatografia

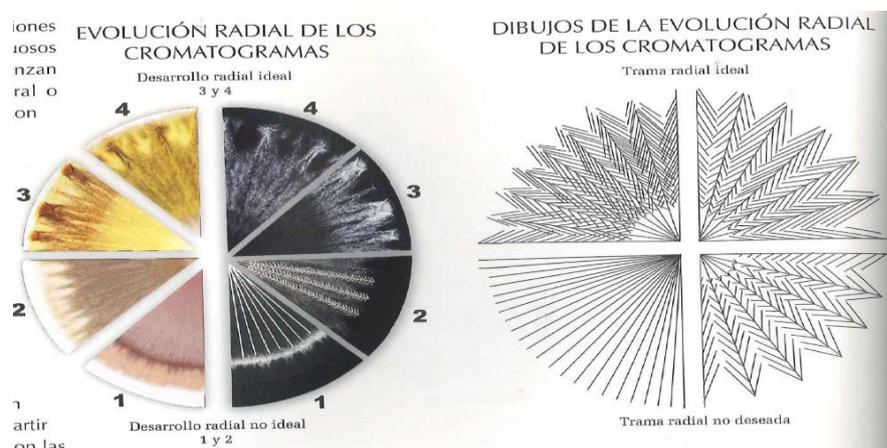
O conhecimento sobre as reações que ocorrem e como isso se manifesta no cromatograma é indispensável para fins de entendimento do processo, e também à sua interpretação de como se manifesta nas diferentes zonas do cromograma. De acordo com os presentes autores, Pinheiro (2011) e Rivera (2011), sob o ponto de vista técnico-científico do processo de desenvolvimento do cromatograma, quanto aos aspectos que se manifestam como base para sua interpretação, o mesmo ocorre do seguinte modo:

- **Zona central (oxidação-redução):** Feita a impregnação do papel filtro do centro à borda primeiramente com AgNO_3 , num segundo momento ao impregnar com a solução de NaOH , esta carrega as substâncias minerais ou orgânicas dissolvidas que ao passar sobre a

parte impregnada com AgNO_3 há a formação imediata de Hidróxido de Prata (AgOH), a qual é instável e forma um precipitado escuro de Óxido de Prata (Ag_2O), proporcional a quantidade da substância. Se no ambiente do solo predomina uma condição (anaeróbia), não permitindo a oxidação dos minerais, acumulam-se substâncias tóxicas na atmosfera do solo, manifestando-se uma cor escura a preta. Esta zona expressa primordialmente o metabolismo microbiano, portanto, de acordo com a qualidade de vida do solo e a concentração de substâncias nitrogenadas presentes na amostra, este precipitado negro de Ag_2O torna-se solúvel de modo a modificar sua cor a um branco prateado e/ou de cor creme, sendo isto o desejável, formando assim o complexo *Amim Prata* $2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$;

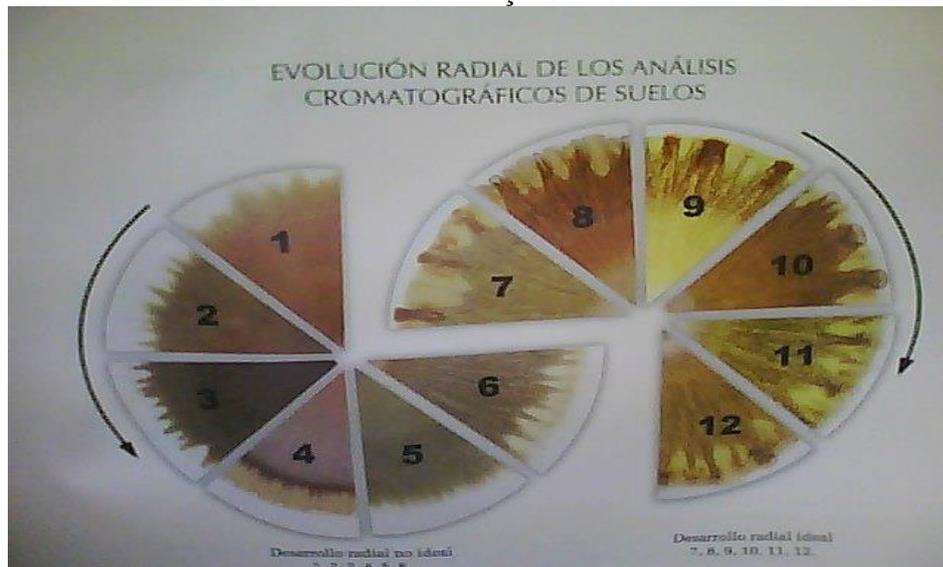
- **Zona interna (mineral):** como a soda cáustica reage com os minerais metabolizados pelos microrganismos de modo diferente aos minerais solúveis e insolúveis fora do bioplasma, a sua composição, grau de oxidação ou redução determinam a forma, cor, desenvolvimento, integração e distância da zona central à externa. Como os minerais e demais substâncias possuem carga elétrica e campo eletromagnético, que por sua vez está diretamente relacionado às condições de vida do solo, isto influencia em como se manifesta o desenho do cromograma. Isto pode se apresentar através de sua radiação pelas características da ramificação que ocorrem em forma de setas e/ou “flechas” sobrepostas de forma mais ou menos perceptível, podendo ser desde a zona central à extremidade do cromograma, que sendo de coloração com tom amarelo-dourado e quanto mais diversa e integrada de forma harmônica às outras zonas, maior é a qualidade de sua condição mineralógica e vida do solo. O pleno desenvolvimento desta zona, bem integrado às demais, ilustra uma boa condição da atividade biológica do solo, integração e harmonia entre o componente mineral-biológico.

Figura 2.4 – Ilustração sobre a conformação e evolução radial dos cromogramas segundo a forma que o mineral se encontra no solo.



Fonte: Rivera. J. R., 2011; p.74.

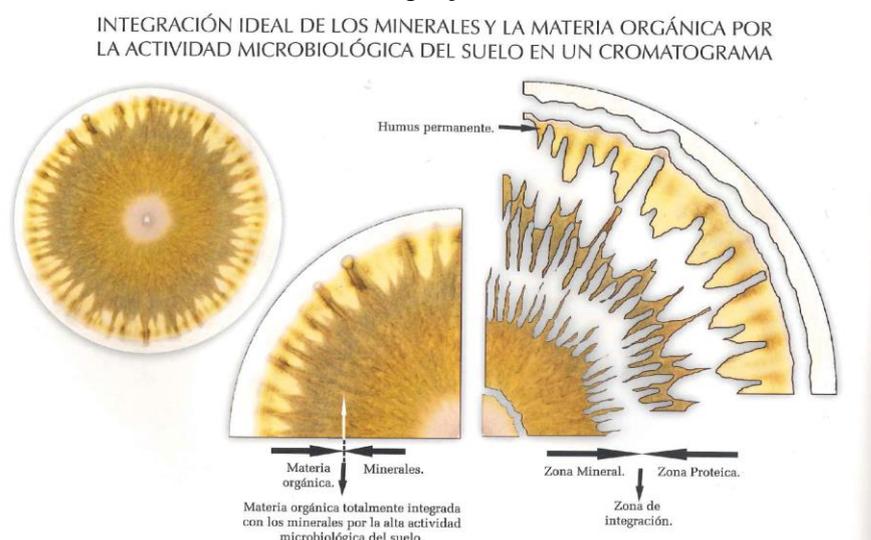
Figura 2.5 – Ilustração da manifestação e evolução radial de análises cromatográficas de diferentes condições de solo.



Fonte: Rivera. J. R., 2011; p. 75.

- **Zona intermediária (proteica):** nesta zona é onde se manifesta a ocorrência ou ausência e qualidade da matéria orgânica, conforme as substâncias presentes em concentração e qualidade. Desse modo se expressa de forma mais significativa o grau de desenvolvimento, integração e harmonia ou se há bloqueios entre o componente mineral e orgânico e interação com o componente biológico. Nesta zona se desenrola a conformação final do cromatograma, a qual consiste em uma zona de transição que, de forma abrupta ou mais sutil, revela o grau de harmonia segundo as condições físicas e atividade macro e microbiológica no solo, o que tem relação direta com o manejo adotado e demais práticas culturais;

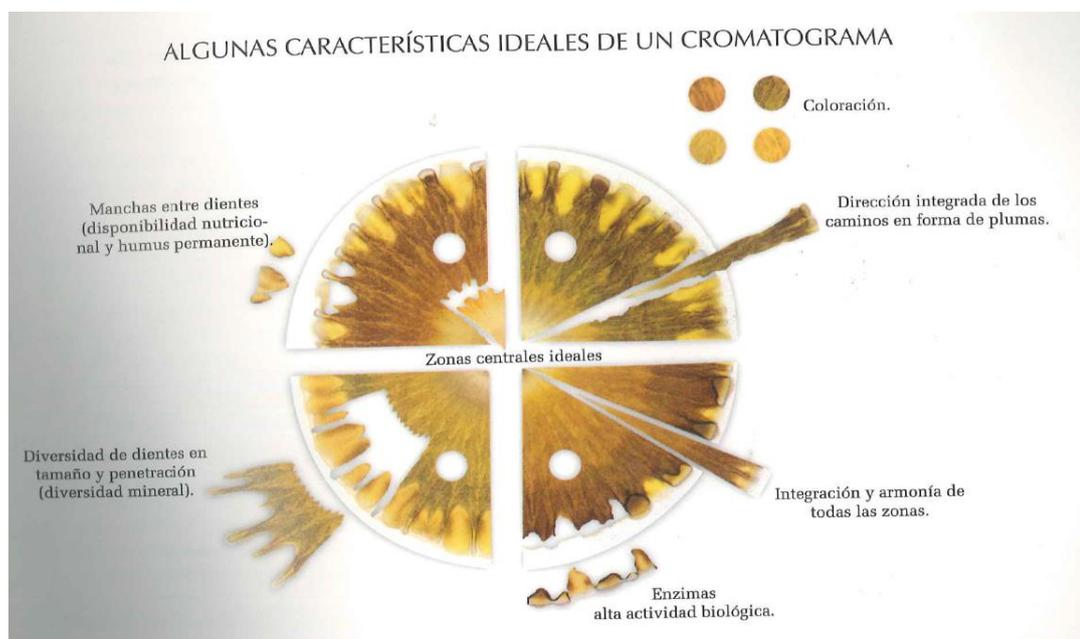
Figura 2.6 – Ilustração de um cromatograma e principais características desejáveis quanto a cor, forma, integração e harmonia.



Fonte: Rivera. J. R., 2011; p. 71.

- **Zona externa (enzimática):** Aqui se expressa plenamente a vitalidade do solo, pois os compostos nitrogenados presentes na solução da amostra ao ultrapassar a zona impregnada com nitrato de prata reagem com os restos de prata livres. Isto faz com que se expresse esta zona, a qual consiste de substâncias complexas de alto peso molecular ativas do solo formadas pela atividade dos microrganismos presentes na matéria orgânica. Estas frações nitrogenadas (vitaminas, enzimas, fito-hormônios, frações húmicas, etc.,) revelam-se sob a forma de nuvens (pigmentos), pétalas e ondas que caracterizam a zona enzimática, onde se verifica a biodiversidade microbiana pela sua biossíntese proteica e polipeptídios solúveis da vida do solo. Quanto mais diversa maior é a presença e efeitos dos compostos que se expressam com formas e picos variados, onde também se expressa as diferentes frações húmicas.

Figura 2.7: Principais características desejáveis aos cromatogramas à cor, forma e harmonia.



Fonte: Rivera. J. R., 2011; p. 72.

Convém observar que algumas amostras podem conter uma elevada concentração de compostos orgânicos solúveis, cuja solução é mais densa e apresenta forte coloração escura, o que dificulta a impregnação do papel filtro ou então acontece parcialmente. Segundo os autores citados, isso ocorre devido a riqueza da matéria orgânica pela alta concentração de compostos nitrogenados de maior peso molecular. Consequentemente, o cromatograma revela uma zona central ampliada de coloração branca bem saliente, a zona mineral reduzida ou é inibida e a zona externa apresenta coloração escura, de tom marrom claro. Nestes casos a solução da amostra deve ser diluída novamente com a solução de NaOH, cuja orientação básica é que

seja na proporção de 1:1 ou então reduzir a concentração de solo da amostra. Entretanto, isto é relativo a concentração de substâncias de cada amostra.

2.4 – Elementos básicos de interpretação da análise química do solo

De modo geral a avaliação da fertilidade do solo e orientações sobre adubação e calagem tem como base a análise química do solo, a qual consiste em um método quantitativo. Conforme a literatura, alguns dos principais parâmetros utilizados para interpretação da análise química são: pH (mede a acidez ativa), preferencialmente em torno de 6,0 para a maioria das culturas; Capacidade de Troca de Cátions – CTC, (capacidade de reter nutrientes de reação básica); saturação de alumínio – Al^{3+} (determina a acidez potencial por alumínio trocável na solução do solo); teor de Matéria Orgânica – MO (exerce importante função sobre todas as propriedades do solo, sendo utilizada como orientação para a adubação nitrogenada); concentração de nutrientes minerais de reação básica como Cálcio - Ca, Magnésio - Mg, Potássio - K e, se for o caso, de Sódio - Na; saturação de bases – (V%), saturação da CTCpH7 com Ca, Mg e K; teor de argila (utilizado para interpretação do teor de Fosforo); concentração de Fosforo - P (macronutriente essencial ao metabolismo e crescimento vegetal); proporção entre Ca/Mg, Mg/k e Ca/K, além da análise da concentração de micronutrientes, eventualmente (COELHO; VERLENGIA, 1973; CLARO, 2001; SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIENCIA DO SOLO / COMISSÃO DE QUIMICA E FERTILIDADE DO SOLO RS/SC – SBCS RS/SC, 2004).

De acordo com Neto e Costa (2012), para a saturação de bases com Ca-Mg-K e sua proporcionalidade considera-se apropriado um valor de 45%, 15% e 5%, respectivamente. Contudo, em solos tropicais, como no Brasil, um nível de 40% de Ca^{+} pode ser considerado satisfatório porque o Al^{3+} e o ferro são os principais agentes de agregação do solo, enquanto que nas regiões temperadas é o cálcio que exerce esta função (PRIMAVESI, 2014).

3- MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 – Materiais e procedimentos para a análise cromatográfica

O presente trabalho foi motivado a partir de visita a um agricultor ecologista durante o estágio do presente curso, num assentamento do MST no município de Nova Santa Rita – RS. Para tanto, fez-se um breve curso de capacitação sobre a cromatografia de Pfeiffer como método de avaliação da qualidade do solo. Ao longo desse período eventualmente foram realizadas atividades práticas como exercício de aprendizagem e domínio da técnica da cromatografia. Como o método da cromatografia é um instrumento de avaliação visual, segundo Pinheiro (2011) e Rivera (2011), é essencial que se tenha uma razoável experiência prática para adquirir domínio da técnica e de sua interpretação.

Conforme mencionado, a técnica da cromatografia requer alguns materiais básicos e procedimentos simples de laboratório. Para isso, utiliza-se de papel filtro apropriado, embora para fins didáticos possa ser outro similar de qualidade, de preferência que seja da marca Wattman, de nº4 e/ou nº1 e de 15 cm de diâmetro. Em relação à amostra de solo selecionada, a coleta basicamente consiste em observar as recomendações tradicionais, segundo o propósito desejado. Então, depois de sua secagem na sombra, a mesma deve ser peneirada, moída suavemente e peneirada outra vez em tecido de malha bem fina (tipo tecido de vual). Após prepara-se a solução de soda cáustica a 1% (solução extratora) a base de água destilada, utilizando-se então cinco gramas da amostra de solo em 50 ml da solução, o que requer uma balança de precisão e, de preferência, vidros de erlenmeyer de aproximadamente 100 ml. Para a dissolução plena da amostra recomenda-se fazer leves movimentos giratórios, cuja recomendação é de 6 a 7 giros de forma alternada, ora para a esquerda, ora para a direita, até completar um ciclo de 6 vezes. Isto deve ser feito em três momentos, cujo intervalo consiste de 0-15-60 minutos para a plena dissolução dos componentes da amostra. Feito isso, deixa-se em repouso no mínimo por 6 horas para se efetivar a reação e também a decantação da solução. Outro procedimento consiste em preparar o papel filtro fazendo-se um pequeno orifício no centro, de aproximadamente 2 mm (com vazador de couro ou similar), marcar com uma agulha no ponto de 4 cm e 6 cm do centro à borda. É preciso também preparar pequenos canudinhos que podem ser recortados do mesmo papel filtro em tamanho de 2x2 cm. Com isto faz-se a impregnação do papel filtro do centro a borda com a solução reveladora de nitrato de prata a 0,5% (AgNO_3) até o ponto predeterminado de 4 cm. Em seguida, o mesmo pode ser envolto com papel absorvente (papel higiênico branco, guardanapo...) para enxugar o excesso de umidade e posto entre folhas de ofício para ser guardado e secar protegido da luz. Após 4 horas aproximadamente, então é realizada a impregnação com a solução da amostra de solo até a marca de 6 cm. Neste caso, faz-se a extração da solução sobrenadante com seringa hipodérmica colocando-a em recipientes de placa petry, onde são feitas as impregnações. O

papel filtro deve ser devidamente identificado, sendo isso feito exclusivamente com lápis de escrever (grafite) para evitar contaminação do papel. Após a impregnação coloca-se o papel filtro secar sobre as mesmas folhas de papel e então deixa-se ele exposto de forma indireta à luz até a plena revelação do croma, o que pode levar mais de dez dias. Gradativamente revelar-se-á uma imagem, que a rigor se divide em quatro zonas de interpretação, sendo: zona central, zona interna, zona intermediária e zona externa, as quais são a base para sua interpretação através da cor, forma e integração harmônica entre as partes (ver figura 2.2).

3.2 - Caracterização e classificação das amostras de solo

Para o presente trabalho utilizou-se de um total de quinze (15) amostras de solo, sendo a maioria coletadas em uma área rural localizada no município de Capitão – RS, o qual localiza-se na região da encosta inferior do nordeste do estado, aproximadamente sob as coordenadas geográficas de Latitude 29° 16' 5" Sul, Longitude 52° 0' 39" Oeste e altitude de 444 metros¹. No local predomina um relevo bastante acidentado e de áreas com topografia diversa, típico desta região. Segundo Streck et al., (2008), nesta região predominam solos classificados como neossolos, chernossolos e cambissolos, sendo de origem basáltica e em geral pouco profundos. Dentre as amostras, somente duas são provenientes do assentamento Santa Rita de Cassia II, no município de Nova Santa Rita- RS, onde foram realizados os estágios do presente curso². O município situa-se próximo a região metropolitana de Porto Alegre, em latitude sul de 29°51'25.2", longitude 51°16'26.4" oeste e altitude de 61m. Esta é uma região de transição do bioma mata atlântica para o pampa, de relevo suave a ondulado e solos do tipo argissolo e planossolo, com expressivas áreas de má drenagem (INCRA, 2010).

As amostras de solo consistem de situações distintas quanto ao uso e manejo do solo para um estudo comparativo, sendo de áreas cultivadas, em pousio e também florestada com acácia e/ou eucalipto, realizando-se a análise química e cromatográfica. Também fez-se uma experiência em relação a cobertura do solo, sendo duas amostras com cobertura e uma de solo exposto como testemunha, das quais foram realizadas somente análise cromatográfica. Tendo em vista as frequentes chuvas que ocorreram ao longo de todo o período correspondente às

¹ Fonte: <<http://www.cidade-brasil.com.br/municipio-capitao.html>>. Acesso: nov./2016.

² Em vista da demora em obter retorno das amostras inicialmente encaminhadas para análise, por motivo de força maior então foram enviadas outras amostras disponíveis para análise noutro local.

amostragens de solo, em geral as condições de campo eram de alta umidade do solo. A análise cromatográfica foi realizada entre meados de março ao início de abril de 2015.

Para interpretação da cromatografia, principalmente aos que a desconhecem e principiantes, é interessante observar algumas informações básicas para seu entendimento como caracterização do terreno, condições edafoclimáticas e histórico de manejo. Estes aspectos são fatores determinantes sobre a vida do solo, que por sua vez se reflete no cromograma resultante das análises. Portanto, na tabela 3.1 consta a descrição e caracterização das áreas amostradas, além do período de coleta e perfil amostrado. Quanto a interpretação das respectivas amostras fez-se a classificação das mesmas por semelhança e/ou diferença de características, segundo a análise cromatográfica e ou conforme os resultados da análise química (Tabela 3.2).

Tabela 3.1 - Caracterização e histórico de manejo das amostras de solo coletadas para análise.

Relação de amostras de solo	Período de coleta	Perfil cm	Caracterização e histórico das áreas amostradas
R. Milho – A	ag/2014	20 cm	Encosta de face sul, menor incidência solar, pouco declive, cultivo de verão e repouso no outono-inverno, boa cobertura de vegetação espontânea, adubação orgânica (cama aviária + dejetos gado/suínos), raro uso de herbicida (de forma pontual).
R. Milho – B	fev/2015	15 cm	A mesma área acima: milho em final de ciclo, vegetação espontânea em crescimento, uso + intensivo de herbicida.
R. Milho – C	fev/2015	15-25 cm	Corresponde à mesma área acima: perfil com compactação (Obs.: além da normalidade ao perfil).
R. Milho – D	mar/2015	15 cm	Terreno com boa drenagem, cultivo de milho, pastagem de inverno de aveia/azevém, uso + intensivo de herbicida.
M. pastagem A	dez/2014	camada arada	Terreno declivoso e pedregosidade, cultivo de milho, pastagem de inverno, coleta de solo um mês após preparo do solo.
M. pastagem B	mar/2015	15 cm	Corresponde a mesma área acima: cultura de milho em final de ciclo, alta biomassa de vegetação espontânea.
Aipim – A	nov/2014	camada arada	Encosta de face norte, terreno bem drenado, boa incidência solar, cultivo bianual, vegetação espontânea incorporada (gramíneas), eventual adubação orgânica (cama aviária).
Aipim – B	nov/2014	camada arada	Corresponde a mesma área acima: parte mais baixa, uso eventual com outros cultivos, adubação de cama aviária.
Aipim – C	fev/2015	15 cm	Encosta de face nordeste, cultura de 2º ano, por um período cultivou-se milho, alta cobertura morta em decomposição.
Área horta	ag/2014	20 cm	Terreno bem drenado, pouco declivoso, uso anterior como potreiro, plantio de aveia, adubação de cama aviária
Pousio: agrofloresta	ag/2014	20 cm	Situa-se ao lado da mesma área acima, uso anterior como potreiro, cultivo por dois anos e posterior pousio, razoável cobertura de fitomassa (principalmente capins secos).
Pinheiro/ eucalipto	ag/2014	20 cm	Encosta de face leste, terreno bem drenado, pinheiro junto ao mato de eucalipto, elevada cobertura de serrapilheira sob a copada, solo bem estruturado e grumoso.
Tratamentos com cobertura morta e sem cobertura	fev - março 2015	5 cm	Consiste de experimento com cobertura morta em um local com acentuada compactação, sendo de três tratamentos por um período de um mês: (1) tratamento com cobertura de palha de feijão (Pf); (2) cobertura de palhada de milho triturada (Pm); (3) tratamento testemunha (T), sem cobertura.

Tabela 3.2 - Classificação das amostras de solo para fins de interpretação dos cromatogramas.

Relação de amostras de solo	Relação de amostras de solo
Tratamentos com cobertura morta (Pf, Pm) e sem cobertura (T) *	Aipim Morro – A; Aipim Morro – B; Aipim C
R. Milho – B; R. Milho – D	Área Horta; Pousio: Agrofloresta; R. Milho – C
M. pastagem – A; M. pastagem – B	R. Milho – A; Pinheiro - eucalipto

*Para estas amostras somente foi realizada análise cromatográfica.

3.3 - Parâmetros observados sobre a análise química e a cromatográfica

Em vista da importância da nutrição mineral e matéria orgânica à vida do solo, e que a cromatografia consiste em um método qualitativo de avaliação visual da saúde do solo, para o método da análise química do solo como orientação utilizou-se de alguns parâmetros principais de fertilidade (Tabela 3.3) a fim de verificar eventual correlação com a análise cromatográfica. Sendo o cálcio o principal nutriente como cátion que compõe a fertilidade do solo e a importância do fósforo ao metabolismo biológico, os principais elementos analisados neste trabalho compreendem a saturação da CTC pH7 com Ca^{+} , soma de bases (SB), saturação de bases (V%), teor de matéria orgânica (MO) e concentração de fósforo (P).

Tabela 3.3 - Principais resultados da análise química das amostras analisadas.

Identificação Amostras de solo	MO %	Soma Bases	% Sat. Bases	% Ca CTC pH7	Argila %	P mgL-1	Interpret. P*
R. Milho - B	3,2	5,95	70,6	42,2%	31	95,1	M.A ⁴
R. Milho – D	3,1	6,24	66,7	39,8%	21	198,2	M.A ⁸
M. pastagem - A	3,5	7,34	72,9	42,2%	30	101,1	M.A ⁴
M. pastagem – B	3,2	7,35	70,5	43,8%	25	118,1	M.A ⁵
Aipim Morro – A	4,5	3,34	81,4	56,1%	8	45,6	M.A
Aipim Morro – B	2,9	12,25	69,2	39,5%	15	42,3	M.A-
Aipim C	2,4	8,46	66,1	41,4%	20	4,9	M.Bx-
Área Horta	2,8	7,52	65,8	42,1%	26	31,2	M.A+
Pousio: Agrofloresta	2,4	3,02	23,4	15,7%	28	2,2	M.Bx-
R. Milho – C	2,1	8,14	74,7	45,0%	33	68,3	M.A ³
R. Milho – A	2,2	13,19	78,8	53,9%	29	13,5	A-
Pinheiro - eucalipto	2,6	12,88	80,3	54,4%	23	39,4	M.A ²

*Interpretação do teor de fósforo (P). Expoentes e os sinais de + e – representam a intensidade de concentração a cada parâmetro: A (Alto), M.A (Muito Alto), M.Bx (Muito Baixo).

Considerando a variação da literatura sobre os parâmetros de interpretação, para a análise química foram adotados os seguintes parâmetros de avaliação: para SB observou-se como referência o valor médio de 2 a 4 $\text{Cmol}_c/\text{dm}^3$; para V% entre 65% a 80 % conforme indicado pela literatura (SBCS – RS/SC, 2004). De acordo com Claro (2001), em relação a MO considerou-se um teor médio de 3 a 4%; para a saturação da CTC com Ca^+ ($\%\text{Ca}^+$) foi adotado um valor de referência entre 45-60% a partir de simulação de dados em relação à proporcionalidade entre Ca/Mg e Mg/K de 3 a 4:1 para ambos e para Ca/K a relação de 9 a 12:1 observando-se os limites estabelecidos para V%, segundo Claro (2001). Quanto à concentração de P foi observado a faixa correspondente ao teor de argila das amostras, sendo para a classe textural 3 (% argila ≤ 20) de 8 a 12 mgL^{-1} e para a classe 4 (% argila > 20 -40) de 14 a 21 mgL^{-1} (SBCS – RS/SC, 2004).

Com base nestes elementos da análise química será observado como isso se expressa na análise cromatográfica, dando ênfase às características da zona mineral segundo sua cor, forma, integração e harmonia com as demais partes do cromatograma. De acordo com a literatura, como bom parâmetro da fertilidade e vitalidade do solo será observado principalmente a coloração em tom dourado da zona mineral, a nitidez da radiação e expressão de sua ramificação ao longo do cromograma, em decorrência da atividade microbiana, e como se reflete atividade enzimática de acordo com a maior ou menor manifestação de características (forma das terminações radiais, pigmentação) da zona externa do cromograma.

Embora estas metodologias sejam distintas, a partir disso espera-se estabelecer um paralelo entre ambas quanto à importância e limites de cada uma, de modo que possam ser utilizadas como método complementar de qualificação uma à outra. Espera-se que isto possibilite uma melhor compreensão da dinâmica da fertilidade do solo e fazer uma leitura mais completa da qualidade do solo. Portanto, configurando-se a sua importância para monitorar e orientar o manejo dos agroecossistemas e a saúde do solo, visando a saúde humana e ambiental, podendo ser inclusive uma ferramenta acessível e de domínio dos próprios agricultores e para a autonomia e valorização da agricultura camponesa.

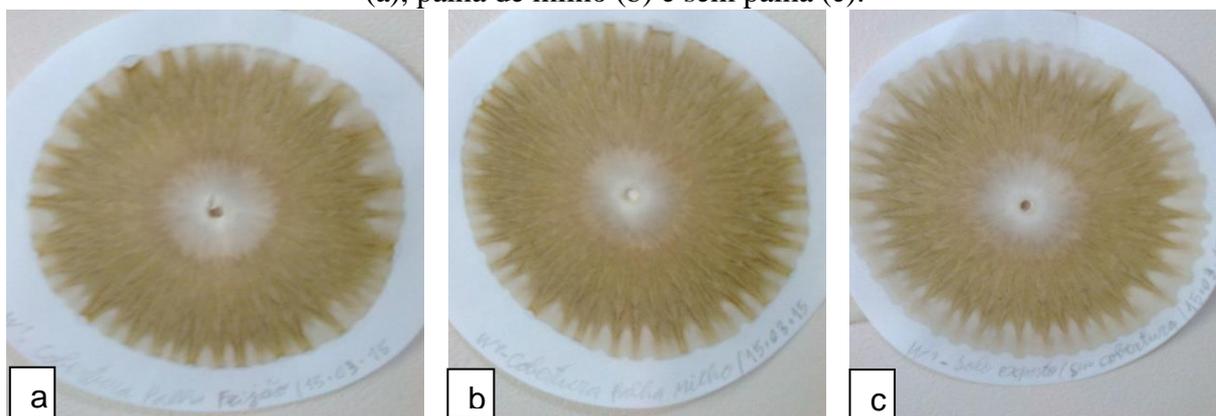
4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1- Interpretação e compreensão da análise cromatográfica

Conforme demonstrado pela análise cromatográfica das amostras de solo, pôde-se verificar que este método se apresenta como um instrumento distinto de avaliação da qualidade do solo, sendo determinado pela vida do solo. Assim, foi possível identificar algumas informações sutis que permitem fazer uma leitura dos processos bioquímicos ocorridos no solo, em vista das intervenções realizadas e também de fatores ambientais.

A partir da experiência realizada com cobertura morta sobre o solo observou-se uma nítida diferença entre os cromas das respectivas amostras (figuras 4.1: a, b, c), mesmo sendo de curto período. Como a palhada de feijão (Pf.) possui baixa relação carbono/nitrogênio - C/N, sendo de fácil decomposição, a atividade microbiana se torna mais intensa de modo que a liberação de nutrientes e demais compostos ocorre mais rapidamente. Isto pode ser visto pelas características do cromograma 4.1-a (Pf), o qual apresentou em sua zona central uma coloração levemente branca, de aspecto mais saliente, que segundo a bibliografia está relacionado ao maior teor de compostos nitrogenados (RIVERA, 2011). A sua zona mineral apresentou expressiva radiação, de ramificação um pouco mais robusta e cor em tom mais escuro que as demais amostras e algumas terminações radiais em subdivisão, com formação de 'bolhas' em suas extremidades. Segundo a literatura, isso caracteriza-se um bom indicativo de um processo de formação e liberação de compostos pela atividade microbiana.

Figura 4.1 – Apresentação de cromas dos tratamentos com cobertura morta de palha de feijão (a), palha de milho (b) e sem palha (c).



Fonte: Trabalho de pesquisa, maio de 2015.

Em razão da palhada de milho ser um material mais resistente à decomposição visto a sua composição distinta, de maior relação C/N, a atividade microbiana e a liberação de nutrientes minerais é mais lenta, sendo então logo metabolizados pelos microrganismos do solo, o que se reflete em uma boa radiação e ramificação mais nítida e clara da zona mineral (figura 4.1-b). O aspecto da zona central e coloração em tom branco-creme também evidencia

um bom metabolismo do nitrogênio no solo, revelando boa atividade microbiana, porém ainda com menor manifestação enzimática em vista do menor teor de compostos proteicos.

Quanto à amostra testemunha, sem cobertura de palha – Sp (Fig. 4.1-c), o cromograma revelou um aspecto bem distinto dos demais, destacando-se principalmente a diferença da zona mineral. Esta região apresentou coloração mais dourada, porém, com radiação menor e menos integrada à zona externa, tendo uma série de terminações radiais curtas e pontiagudas. Conforme (Rivera, 2011), isto é característico de um solo desestruturado, compactado e/ou exposto... Pela sua coloração, isso demonstra que o conteúdo mineral se encontra mais mineralizado pelo metabolismo microbiano, entretanto, de uma menor atividade em relação às outras amostras. Isto pode ser visto pela zona externa pela menor evidência de compostos de atividade enzimática, embora a zona central demonstre boa característica em relação ao nitrogênio no solo. Em suma, obviamente que as amostras com cobertura morta revelam uma condição de maior fertilidade e vitalidade do solo, o que se deve ao maior aporte de material orgânico como alimento aos microrganismos e de disponibilidade de nutrientes minerais.

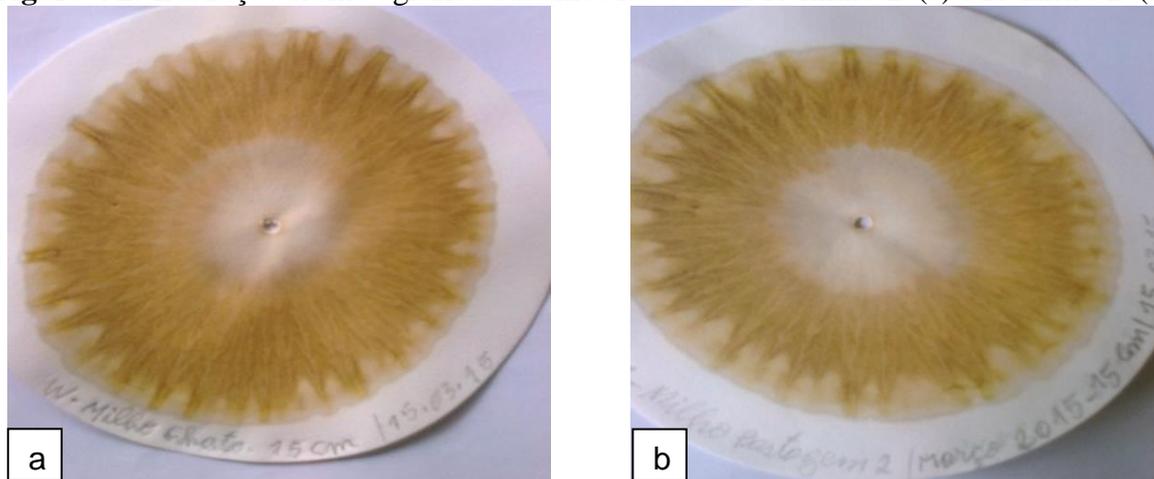
Através desta breve experiência foi possível constatar que a utilização de palhada como cobertura morta logo surte um efeito significativo sobre a qualidade do solo. Com isso, pôde-se observar a ocorrência de organismos da fauna do solo como minhocas, larvas, besouros, etc., bem como uma leve formação de grumosidade superficial do solo. Portanto, revela-se a importância da cobertura do solo com materiais orgânicos e da adoção de boas práticas de manejo. De acordo com Primavesi (1982), a renovação da matéria orgânica do solo depende de aporte constante de material orgânico, sendo, pois, fonte de alimento e habitat à vida do solo e essencial à atividade microbiana. O processo de decomposição promove a agregação e manutenção da estrutura do solo como resultado da mineralização de nutrientes minerais, humificação da MO e síntese de substâncias diversas, como compostos nitrogenados, enzimas, etc., que exercem funções vitais à saúde do solo.

Em relação à análise cromatográfica das amostras R. milho-B e R. milho-D (figuras 4.2: a, b) foi observado um padrão semelhante entre os respectivos cromogramas. Ambos revelaram um bom aspecto da zona mineral, tendo apresentado radiação e ramificação bem nítida, de coloração com tom laranja-dourado em toda sua extensão, até a extremidade do cromograma.

Verifica-se que o cromograma 4.2-b apresenta zona central mais expressiva de coloração branca, variando para a cor creme. De acordo com a bibliografia, isto revela a presença acentuada de nitrogênio livre na solução do solo e, em parte, um processo de formação de compostos de N mais estáveis. Neste se observa um melhor aspecto da zona enzimática, visto pelas terminações radiais que apresenta a formação de nebulosidades com um leve tom

escuro, o que indica a presença de frações húmicas e outras substâncias de maior estabilidade. O croma da amostra de solo 4.2-a também apresenta boas características, porém, este revela um tom mais opaco da zona enzimática, ou seja, apresenta menor atividade e vitalidade.

Figura 4.2: Ilustração cromatográfica das amostras de solo R. milho-B (a) e R. milho-D (b).



Fonte: Trabalho de pesquisa, maio de 2015.

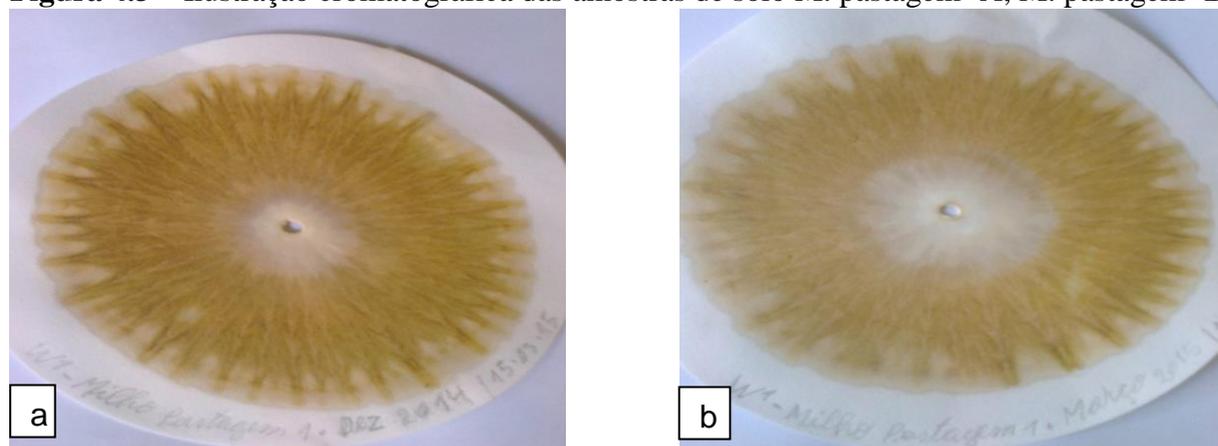
Conforme a análise química, estas amostras também apresentaram padrões semelhantes de fertilidade, principalmente para o teor de matéria orgânica (MO), soma de bases (SB) e saturação da CTC com Ca^+ (%Ca). Para a saturação de bases (V%) a amostra R.milho-B revelou-se um pouco melhor. Quanto ao teor de fósforo (P), ambas apresentaram valores elevados, destacando-se principalmente a amostra R. Milho-D.

Considerando o resultado similar da análise química para as duas amostras, não há algo que se possa destacar em relação ao conteúdo mineral. Apenas é mais evidente o maior teor de P da amostra R. milho-D (fig. 4.1-b), enquanto na cromatografia se destaca a atividade microbiana e enzimática. Contudo, é necessário ter presente que a melhor expressão da atividade enzimática desta certamente está relacionada com a maior atividade microbiana e dinâmica de decomposição. Isto, em decorrência do maior aporte de matéria seca – MS da pastagem de inverno (radicular e aérea) e adubação orgânica incorporada no preparo do solo em período mais recente para o cultivo de milho, além de o local ser mais drenado. Sem dúvida, estes aspectos e as melhores condições climáticas do período tem favorecido a atividade microbiana. Segundo Aquino (2005), o clima, as condições do solo e ação humana e animal são fatores que influem diretamente sobre a produtividade e estrutura da vegetação. Esses fatores são determinantes sobre a quantidade e qualidade da matéria orgânica, tendo reflexo sobre a atividade biológica e à ciclagem de nutrientes.

De acordo com a análise cromatográfica, a expressiva zona central de ambos cromas indica um elevado teor de compostos nitrogenados solúveis. Sobre este aspecto é importante considerar o elevado uso de adubos orgânicos, esterco ricos em N e/ou mal processados, assim como de secreções radiculares ou então pelo efeito do uso de herbicidas, onde for o caso. Além disso, as condições ambientais de elevada umidade, baixa luminosidade e temperatura, além de terrenos que apresentam drenagem deficiente inibem a absorção de nutrientes pela cultura (PRIMAVESI, 1982). Conforme Silva e Fay (2004), em relação aos compostos xenobióticos deve-se considerar a sua persistência e biodegradação no ambiente, a capacidade do solo em neutralizar efeitos prejudiciais e o tempo de sua aplicação. Neste caso, como o uso de herbicida nestas áreas tem sido relativamente recente e o tempo prolongado desde a aplicação até a coleta e análise posterior, não se pode estabelecer alguma correlação.

Com relação à análise química das amostras da área M. pastagem:A e M. pastagem: B, os resultados mostraram-se semelhantes (tabela 3.3). Quanto à análise cromatográfica destas observa-se uma nítida diferença (fig. 4.3: a b), sendo que o croma 4.3-a apresentou um aspecto bem melhor para todas as características. Mesmo que as amostras tenham sido coletadas em períodos distintos do ciclo da cultura, de acordo com análise química apenas o teor de matéria orgânica foi levemente melhor para a amostra 4.3-a (A: 3,5%; B: 3,2%).

Figura 4.3 – Ilustração cromatográfica das amostras de solo M. pastagem- A, M. pastagem- B



Fonte: Trabalho de pesquisa, maio de 2015.

De acordo com os pressupostos da cromatografia, a explicação mais razoável sobre isso consiste na dinâmica da vida do solo e o seu manejo. No caso da primeira amostra (fig. 4.3-a), o croma revelou uma bela radiação de coloração dourada e boa expressão de atividade enzimática. De acordo com a zona central, revela-se a ocorrência de reações mais equilibradas de oxidação e mineralização e de formação de compostos nitrogenados. Esse comportamento

condiz com seu histórico de manejo, visto que a amostra foi coletada aproximadamente um mês após o preparo do solo, quando fez-se a incorporação da MS residual da pastagem e o adubo orgânico aplicado (cama de aviário). Isto, combinado com as condições de temperatura e umidade mais favoráveis tem intensificado a atividade microbiana neste período, promovendo assim um acentuado processo de oxidação dos minerais pelo metabolismo microbiano e, conseqüentemente, de humificação da matéria orgânica. Portanto, conforme a zona enzimática e coloração do respectivo cromatograma, este apresenta maior vitalidade.

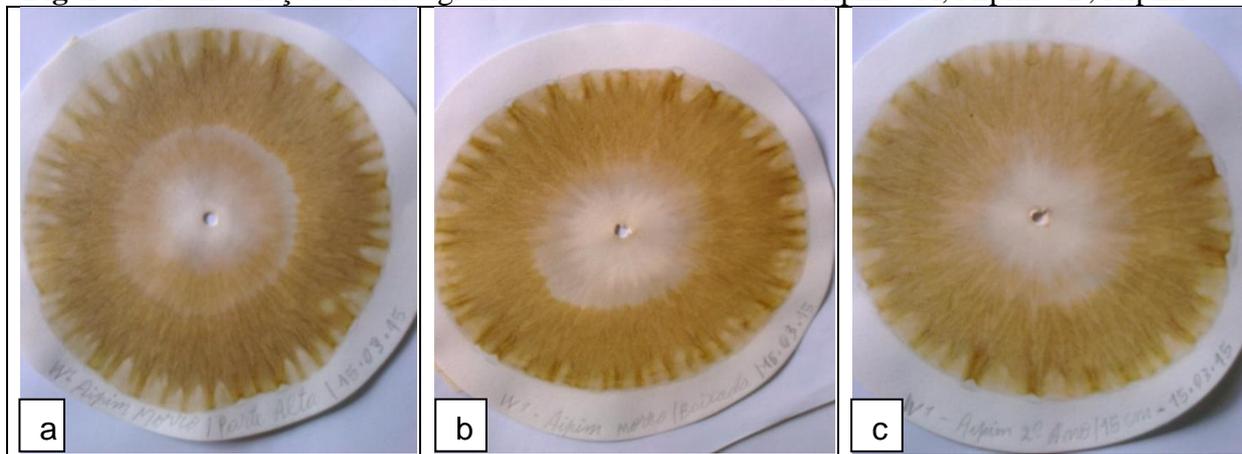
Segundo as características do croma 4.3-b, em vista do tom mais escuro e opacidade de suas características, embora não seja ruim, observa-se que houve redução da atividade aeróbia, ou seja, de processos oxidativos pela ação microbiana, porém, ocorrendo acúmulo de conteúdo nitrogenado. Além do manejo realizado e sua influência na dinâmica da vida do solo, isto pode estar relacionado também às condições climáticas ao afetar a mineralização e liberação do N imobilizado no processo inicial de decomposição, a entrada de N atmosférico e menor requerimento deste elemento pelas plantas, bem como das excreções radiculares e maior concentração no ambiente da rizosfera (WHITE, 2009). Também, os diferentes adubos orgânicos possuem considerável concentração de N, além de seu conteúdo na MO do solo, que através da mineralização por microrganismos e por fixação biológica o N atmosférico é convertido em formas orgânicas e inorgânicas disponíveis no solo (PRIMAVESI, 1982).

Com relação às três amostras de áreas com cultivo de Aipim, ambas as análises revelaram uma nítida variação de resultados (fig. 4.4: a, b, c). Com base na análise química, entre elas destaca-se para a amostra A (parte alta) um elevado teor de MO (4,5%) e reduzido valor de SB (A: 3,34 Cmolc/dm³), porém, esta apresentou elevado percentual de V% (81%) e de %Ca⁺ (56,1%), enquanto que as demais amostras apresentaram valores moderados para estes componentes. Para esta amostra destaca-se um valor extremamente alto de pH (8,4) comparando-se com as outras amostras. Para as amostras B (parte baixa) e C verifica-se que o teor de SB foi muito superior (B: 12, 25; C: 8,45 Cmolc/dm³). Em relação ao P, ambas amostras A e B apresentaram um valor elevado similar, enquanto à amostra C foi muito baixo.

Com base na análise cromatográfica, embora as características do croma 4.4-a não sejam ruins, tendo apresentado uma coloração mais escura e radiação alongada de ramificação pouco expressiva, porém com notável manifestação de atividade enzimática. Entretanto, os demais cromas apresentaram-se bem melhores, os quais revelaram uma radiação mais consistente de coloração laranja-dourado. Isso revela a ocorrência de um processo interessante de mineralização pelo metabolismo microbiano que se expressa desde a zona central à zona externa, principalmente ao croma 4.4-b. Este revelou a ocorrência de alto conteúdo

nitrogenado de maior estabilidade e pelo aspecto da zona externa um significativo teor de frações húmicas, entre outras substâncias proteicas de alto peso molecular. Entretanto, o cromograma 4.4-C revela-se com uma ramificação mais interessante de sua radiação.

Figura 4.4 – Ilustração cromatográfica das amostras de solo Aipim - A, Aipim - B, Aipim -C.



Fonte: Trabalho de pesquisa, maio de 2015.

Com base nos dados da análise química também não ocorre evidências concretas de um comportamento padrão que se possa estabelecer correlação com a análise cromatográfica. Constata-se que o maior teor de MO e de P da amostra 4.4-A não correspondeu como melhor atividade microbiana e enzimática, nem a maior concentração de SB da amostra 4.4-B ($12,25 \text{ Cmol}_C/\text{dm}^3$) em relação à amostra 4.4-C ($8,46 \text{ Cmol}_C/\text{dm}^3$) não correspondeu como melhor expressão do conteúdo mineral, assim como para a V% e $\% \text{Ca}^+$ dentre as três amostras. Isto só pode ser entendido se associado ao manejo realizado e material orgânico relacionado à concentração de nutrientes minerais como fatores condicionantes dos processos bioquímicos.

Em relação à amostra 4.4-B, a sua coleta foi realizada aproximadamente dois meses após o preparo do solo, quando houve a incorporação da fitomassa verde e morta existente. Isso combinado às boas condições físicas e químicas do solo, assim como de umidade, temperatura e considerável teor de MO, além da mobilização do solo, certamente isso intensificou a atividade microbiana que tem resultado na maior mineralização dos nutrientes pelo metabolismo microbiano e a formação de compostos nitrogenados mais estáveis.

Quanto à amostra 4.4-A, o preparo do solo foi realizado mais tardiamente de modo que o intervalo de tempo entre a coleta foi menor. Considerando a ocorrência basicamente de fitomassa verde e sua composição mais pobre, além do elevado pH, menor teor de nutrientes, bem como das características distintas do terreno, com certeza isso tem sido limitante para a atividade microbiana do solo, que por sua vez tem se revelado no cromatograma (fig. 4.4-a).

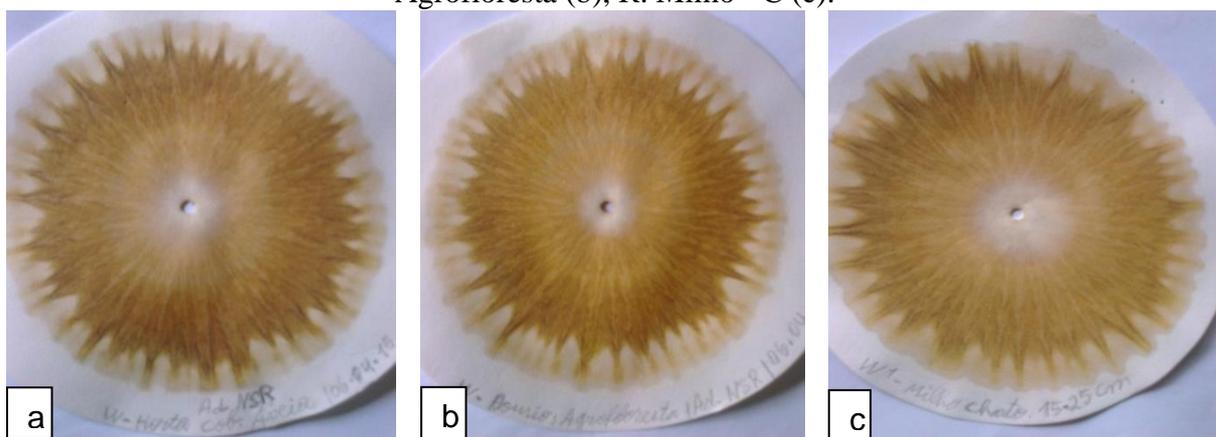
Em relação à amostra 4.4-C, esta consiste de local que não houve revolvimento do solo e de elevado aporte de biomassa como cobertura morta, cuja amostra foi coletada entre três a quatro meses após o manejo realizado. Neste caso foi observado um bom aspecto da estrutura do solo e formação de grumosidade da camada superficial. De acordo com a análise cromatográfica, isto explica a melhor radiação da zona mineral que demonstrou um processo de mineralização mais interessante pela atividade microbiana, com boa expressão da zona enzimática. Entretanto, nesta manifesta-se um maior teor de N solúvel, certamente em vista do estágio avançado de decomposição do material e elevada umidade do período. Com relação ao baixo teor de P, possivelmente um fator seja por este se encontrar imobilizado na MS em decomposição, visto a natureza de sua dinâmica que está em constante ciclagem nos ecossistemas e, em geral, a maior parte do P se encontra em todo tipo de biomassa, ou seja, como material orgânico (Gurevich et al., 2009).

De acordo com Coelho e Verlengia (1973) e Primavesi (1982), a incorporação superficial de material orgânico intensifica o processo de decomposição, ocorrendo uma acentuada liberação de substâncias nitrogenadas solúveis, como NO_3^- e NH_4^+ por exemplo, sendo que este último apresenta efeito alcalinizante, vindo a ser um inibidor da atividade biológica. Conforme Taiz e Zeiger (2004), os principais fatores da acidez ($< \text{pH } 7$) do solo são a quantidade de chuva e a decomposição de MO. Isto explica a situação descrita acima sobre a amostra 4.4-A de acordo com as características do terreno e seu manejo, visto o baixo teor de argila, de sua menor fertilidade e capacidade de reter umidade por ser bem drenado, além do próprio material de origem. Além do alto pH, isto também explica o valor mais elevado de MO que uma vez sendo formada a sua decomposição é lenta. O pH possui propriedades importantes e deve ser levemente ácido, entre 5,5 a 6,5, o que favorece a atividade microbiana e disponibilidade de nutrientes, crescimento das raízes, bem como o intemperismo da rocha.

Considerando que as amostras apresentaram uma significativa variação de MO e comportamentos distintos, é necessário ter presente que a simples presença de MO (dado pelo teor carbono no solo) não informa que efeito terá sobre as propriedades do solo (PRIMAVESI, 1982). Além disso, a matéria orgânica e o húmus não são a mesma coisa e nem todo húmus é igual. Conforme a autora, “matéria orgânica é toda substância morta no solo, que provenha de plantas, microrganismos, excreções animais (da fauna terrícola) quer da meso e macrofauna morta” (p. 109). Já o húmus é um produto intermediário de sua decomposição, sendo formado por três frações principais: ácido fúlvico, ácido húmico e huminas. Cada qual requer condições específicas para sua formação e possuem propriedades e comportamentos distintos que se reflete também sobre a CTC do solo (SILVA; FAY, 2004).

No caso do grupo de amostras Área de horta (a), Pousio: agrofloresta (b) e R. milho-C (c), verifica-se um comportamento semelhante de seus cromas (figuras 4.5: a, b, c), principalmente pela conformação da zona mineral enquanto que para a análise química houve uma significativa variação das respectivas amostras. De acordo com a análise química a amostra R. milho-C apresentou melhores níveis de SB ($8,14 \text{ Cmol}_c/\text{dm}^3$), V% (74,7), $\% \text{Ca}^+$ (45) e elevado teor de P ($68,3 \text{ mg}/\text{dm}^3$), porém, com menor teor de MO (2,1%), o que é normal para este perfil. Quanto à amostra Área horta, para estes componentes ela apresentou valores mais baixos (SB: $7,52 \text{ Cmol}_c/\text{dm}^3$; V%: 65,8; $\% \text{Ca}^+$: 42; P: 31,2), com exceção da MO que foi maior (2,8%). Com base nos parâmetros de interpretação, no geral esta última se apresenta com um nível de fertilidade razoável. Já a amostra Pousio agrofloresta teve um valor intermediário para MO (2,4%) e, entretanto, com relação aos demais componentes analisados os valores foram muito baixos, principalmente para V% (23,4) e $\% \text{Ca}^+$ (15,7).

Figura 4.5 – Ilustração cromatográfica das amostras de solo Área Horta (a), Pousio: Agrofloresta (b), R. Milho - C (c).



Fonte: Trabalho de pesquisa, maio de 2015.

Comparando-se com a análise cromatográfica, pela extensão da zona mineral e demais características de radiação, observa-se um comportamento condizente com estes resultados em relação a análise química. Consta-se que não ocorre variação e interferência significativa da zona central pelo conteúdo nitrogenado, isto em função da baixa atividade microbiana e enzimática. Contudo, ambos apresentam particularidades características de cada amostra segundo o ambiente e histórico de manejo. Verifica-se que a zona mineral apresenta radiação com vários picos curtos, de terminações pontiagudas. De acordo com a literatura (RIVERA, 2011), isto condiz com características típicas de um solo maltratado, desestruturado.

No caso da Área de horta (fig. 4.5-a), em relação à estrutura física do solo, no momento da coleta da amostra não se considerou isso como algo crítico. Certamente, além da

mobilização do solo, deve-se também a influência do sistema radicular já bem desenvolvido da aveia, mas que ainda não surtiu efeito significativo sobre a atividade microbiana. Conforme mostrado pelo cromograma, isto está de acordo com o recente histórico de manejo da área. A mesma tem sido reutilizada como potreiro por alguns meses, tendo causado uma significativa compactação do solo, além de que para o seu cultivo tem sido comum a prática de mobilização do solo para a preparação de canteiros, resultando em sua pulverização, e pelo baixo aporte de material orgânico o que afeta radicalmente a atividade biológica.

Conforme revelado pelo respectivo cromograma (fig. 4.5-a), neste se expressa menor presença de atividade enzimática, embora a zona mineral do cromograma seja razoável, bem como um melhor nível de MO que as demais amostras. Isto se deve principalmente às limitações físicas do solo e carência de substrato como habitat e fonte de alimento à microbiologia do solo, a qual tende a se tornar mais ativa a partir de melhores condições proporcionadas, o que se mostra em evidência através da ramificação de sua radiação e algumas terminações radiais em expansão. Isto também é perceptível pela coloração do cromograma ao longo da zona mineral, na qual nota-se gradativamente um leve tom mais escuro que ilustra a presença de conteúdo mineral ainda não metabolizado pela ação microbiana e/ou em mineralização, assim como da matéria orgânica (frações proteicas) procedente do adubo orgânico utilizado recentemente.

Quanto a área Pousio-agrofloresta (figura 4.5-b), o desenho do cromograma não difere muito da amostra Área horta, as quais são próximas e possuem um histórico de manejo semelhante até um período recente. Destaca-se basicamente que o cromograma daquela (fig. 4.5-b) apresenta a zona mineral mais reduzida e em parte uma coloração bem dourada, ou seja, que os elementos minerais sofreram maior oxidação pelo do metabolismo microbiano. Ao longo do cromograma desta amostra (fig. 4.5-b) também ocorre um tom mais escuro, cujos elementos minerais não foram plenamente mineralizados pela ação microbiana. Conforme Rivera (2011) e Pinheiro (2011), neste caso, pode-se deduzir que este efeito seja em razão do menor teor de nutrientes minerais que, em parte, anteriormente sob condições mais favoráveis foram metabolizados e outra da presença de material ainda recente em decomposição, porém com baixa atividade microbiana. Além das condições físicas e químicas como fatores restritivos, também a menor temperatura, alta umidade do período e ausência de intervenção local são fatores condicionantes para um processo bioquímico mais lento. Verifica-se pelo aspecto do cromograma desta amostra várias terminações radiais com incipiente formação de nebulosidades e zona enzimática de coloração nítida, o que revela um melhor aspecto da zona enzimática naquele momento.

Em relação à amostra R. milho-C (4.5-c), deve-se considerar o perfil amostrado que naturalmente é diferenciado, entretanto, esta pode ser tomada como parâmetro indesejado

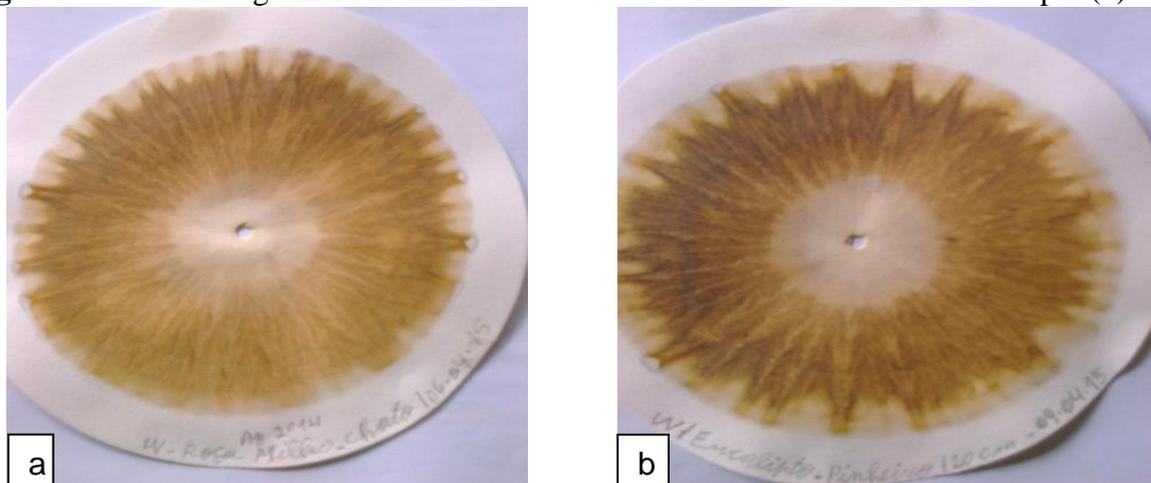
enquanto estrutura física do solo para avaliar o manejo, principalmente às outras amostras. Contudo, pelo aspecto da zona mineral verifica-se que sua radiação apresenta maior extensão, com ramificação mais expressiva ao longo do cromograma. Entretanto, obviamente que para esta amostra a zona externa apresenta-se com menor expressão de atividade enzimática, embora tenha uma melhor coloração. Esse comportamento certamente está relacionado à lixiviação de nutrientes e demais compostos da camada superficial do solo ao perfil subsequente. Considera-se que este comportamento está de acordo com o perfil de solo amostrado (15-25 cm) e com o manejo e adubação utilizada (esterco líquido de gado + suínos e cama aviária). De acordo com Primavesi (1982), na camada subsuperficial a atividade microbiana é reduzida e que pelo uso de adubação orgânica, com a incorporação de resíduos culturais e da vegetação espontânea a atividade microbiana é estimulada, resultando numa maior formação e liberação de compostos. O constante aporte de biomassa e reposição da MO é essencial como fonte de alimento e energia à biota do solo, pois, do contrário, sua comunidade declina a ponto de comprometer as reações bioquímicas.

De acordo com Silva e Fay (2004) e Primavesi, a MO contém diferentes componentes, os quais possuem propriedades e um comportamento distinto, sendo: 1) Ácido fúlvico: uma fração solúvel de estrutura simples e pequena, mais abundantes em solos ácidos, o qual é formado em solos com condições pouco adequadas à vida microrrgânica do solo; 2) Ácidos húmicos: fração amorfa de estrutura grande e complexa, que em presença de Ca, Mg, Fe e Al forma compostos pouco solúveis, podendo representar até 80% da MO total; 3) Huminas: segundo Silva e Fay, esta fração consiste de substâncias orgânicas pouco modificadas junto à matéria humificada e ácidos húmicos complexados com minerais de argila, tendo coloração bem escura e alto peso molecular. Segundo os autores, mesmo em pH baixo ela apresenta alguma eletronegatividade que aumenta consideravelmente com a elevação do pH, conseqüentemente, aumentando significativamente a CTC do solo.

Conforme a análise química das amostras R. Milho-A e Pinheiro-eucalipto (figura 4.6: a, b) é interessante que sendo de locais bem distintos elas basicamente apresentaram valores semelhantes para SB, V% e %Ca⁺ (tabela 3.3). Em relação ao teor de MO, a amostra Pinheiro-eucalipto revelou-se um pouco melhor e para o P a amostra R. Milho-A teve um valor significativamente maior. No entanto, analisando os cromogramas destas (fig. 4.6.a e 4.6.b), conforme pode ser observado principalmente pela zona mineral, verifica-se que elas diferem significativamente. Embora ambas apresentem um bom aspecto da zona central e coloração semelhante de tom dourado da zona mineral, que ao longo do cromograma torna-se um pouco escura, a amostra Pinheiro-eucalipto (figura 4.6.b) apresenta-se bem melhor. Esta revelou uma

radiação bem nítida e expressiva ramificação desde o centro à extremidade do cromatograma, além de manifestar uma boa condição de atividade enzimática.

Figura 4.6 – Cromatogramas das amostras de solo R. Milho – A e Pinheiro / eucalipto (b).



Fonte: Trabalho de pesquisa, maio de 2015.

Embora as características da amostra R. milho-A (figura 4.6.a) também sejam boas, no geral não são bem definidas e apresentam um tanto opacas. Isto condiz com o histórico de manejo realizado e período da coleta, em que a área esteve em pousio no período de outono-inverno, cujo solo apresentava-se adensado, além da alta umidade e de condição ambiental de menor temperatura. Esta amostra revelou um melhor aspecto em parte do cromatograma enquanto a outra parte demonstra-se um pouco ruim, certamente em decorrência de limitações do ambiente e de substrato à atividade microbiana e enzimática.

Segundo Rivera (2011) e Pinheiro (2011), em situação com constante aporte de material orgânico e decomposição da MO, cujo material possui boa qualidade de sua composição mineral as condições são mais propícias à atividade biológica, como no caso da amostra Pinheiro-eucalipto (fig. 4.6-b). Conforme observado de modo empírico, o pinheiro (araucária) é uma espécie típica de regiões de serra, a qual apresenta alta capacidade de mobilizar e reciclar nutrientes minerais de um perfil mais profundo do solo em vista do volume considerável de material depositado como serapilheira, que ao longo do tempo o processo de decomposição confere boas características ao solo. Pode-se então deduzir que pelo ambiente local apresentar melhores condições para a atividade biológica do solo, especificamente sob a copada do pinheiro, perante as condições edafoclimáticas e a composição deste material de boa qualidade, isso tem sido determinante ao incremento de MO e melhoria da fertilidade e vitalidade do solo.

5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que atualmente é crescente o interesse pelo estudo na área da microbiologia do solo quanto as suas funções e importância ao sistema-solo planta , bem como de métodos e parâmetros mais apropriados de avaliação da qualidade do solo, a cromatografia se apresenta como um importante método a ser redescoberto.

A partir deste trabalho pôde-se constatar que um nível elevado de fertilidade do solo não necessariamente corresponde em boa condição de vitalidade, mas se combinado a boas práticas de manejo e conservação do solo, tendo como fator principal o aporte de material orgânico para proteção do solo e como habitat e alimento à vida do solo. Também, permitiu identificar que através da cromatografia torna-se possível fazer uma leitura da dinâmica da fertilidade do solo e sua vitalidade de forma visual, simples e prática a partir de um mínimo de conhecimentos básicos, recursos e experiência prática.

Em princípio, salienta-se que a cromatografia apresenta limitações para uma avaliação quantitativa da fertilidade em suas especificidades, sendo algo bastante genérico e relativo de sua qualidade, embora seja possível por meios mais sofisticados. Este é um método que tem muito a ser explorado como campo de pesquisa, o que requer uma vasta experiência prática e de um conhecimento transdisciplinar. Do mesmo modo, também a análise química mostrou-se limitada em termos qualitativos no que se refere à vitalidade e saúde do solo. Portanto, considera-se importante combinar a utilização de ambos os métodos para avaliar e monitorar a fertilidade e qualidade integral do solo, contemplando a fertilidade química de modo mais eficiente, integrada à saúde do solo.

Este trabalho permitiu identificar que a cromatografia consiste em uma tecnologia de fácil acesso e aplicação pelos próprios agricultores, como técnicos a campo, capaz de proporcionar maior conhecimento, autonomia e poder de decisão sobre sua prática no manejo dos agroecossistemas. Considerando a necessidade de avançarmos na adoção de manejos e tecnologias por uma produção agrícola mais sustentável e de alimentos saudáveis, a observação de princípios ecológicos é uma condição essencial. Para tanto, a cromatografia torna-se um instrumento valioso de conscientização, tanto a produtores e aos consumidores, e à valorização da agricultura familiar camponesa, a qual responde pela maior parte da produção de alimentos à população. Sob o ponto de vista social e ambiental, por natureza a agricultura camponesa é quem efetivamente confere soberania e segurança alimentar e tem maior responsabilidade por um modo de produzir e de viver mais saudável e sustentável.

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADO, T.J.C.; ELTZ, F.L.F. Plantio direto na palha: rumo à sustentabilidade agrícola nos trópicos. In: **Revista Ciência & Ambiente**; nº 27, UFSM. Santa Maria: 2003. p. 49-66.

AQUINO, A. M. Fauna do solo e sua regulação funcional do agroecossistema. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Ed.). **Processos Biológicos no Sistema Solo-Planta**: ferramentas para uma agricultura sustentável. Embrapa Agrobiologia. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 47-75.

CLARO, S.A. **Referenciais tecnológicos para a agricultura familiar ecológica**: A experiência da região centro-serra do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2001. 250 p.

COELHO, F.S.; VERLENGIA, F. **Fertilidade do solo**. 2ª ed.; São Paulo: Instituto Campineiro de ensino agrícola, 1973. 384 p.

D'ANDRÉA, P.A. **A importância dos ciclos fotobiogeoquímicos na agricultura sustentável**. Disponível em: <<http://www.sermai.com.br/biblioteca%20virtual/microgeo/ciclos.doc>>. Acesso em: 21/12/2009.

NETO, J.C.P.; COSTA, J.O. **Análise do solo /** Determinações, cálculos e interpretações. EPAMIG - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, 2012. 16 p. Disponível em: <<http://www.epamig.br/...>> Acesso em: 30/04/2015.

FERNANDEZ, M.T.H. et al. Enzimas que actúan em la matéria orgánica del suelo. In: FIGUEREDO, M.V.B. et al. **Microorganismos e agrobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura**. Guaíba: Agrolivros, 2008. p. 351-375.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. 2ª ed., Porto Alegre: UFRGS, 2001. 563 p.

GUREVITCH, j.; SHEINER, S.M.; FOX, G.A. **Ecologia vegetal**. Tradução: Fernando Gertum Becker... [et al.,] 2ª ed., Porto Alegre-RS: Artmed, 2009. 592 p.

HOWARD, S.A. (1873-1947). **Um testamento agrícola /** Sir Albert Howard: Tradução Prof. Eli Lino de Jesus. São Paulo: Expressão Popular, 2007. 360 p.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA - INCRA/RS. **Relatório ambiental do Projeto de Assentamento Santa Rita de Cassia II**. Porto Alegre: INCRA- COPTec, 2009. 104 p.

KHATOUNIAN, C.A. **A reconstrução ecológica da agricultura**. - Botucatu: Agroecológica, 2001. 345 p.

LAHMAR, R. (org.). **Salvar nossos solos para proteger nossas sociedades**. (Cadernos e proposições para o século XXI) São Paulo: Instituto Pólis, 2004, 119 p.

MACHADO, L.C.P.; MACHADO F., L.C.P. **A dialética da agroecologia**: contribuições para um mundo com alimentos sem veneno. São Paulo: Expressão popular, 2014. 360 p.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2ª ed.; Universidade Federal de Lavras – MG: UFLA, 2006. 729 p. Disponível em: <<http://www.prgp.ufla.br/solos/wp-content/uploads/2012/09/MoreiraSiqueira2006.pdf>> Acesso em: 22/03/20015.

PINHEIRO, S.; NASR, N.Y.; LUZ, D. **Agricultura ecológica e a máfia dos agrotóxicos no Brasil**. Porto Alegre: Juquira Candiru, 3ª ed., 2000. 356 p.

PINHEIRO, S. **Cartilha da saúde do solo**. Porto Alegre: Juquira Candiru Satyagraha / Salles Editora, 2011. 120 p.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 1982. 549 p.

PRIMAVESI, A. **Pergunte ao solo e às raízes: Uma análise do solo tropical e mais de 70 casos resolvidos pela agroecologia**. I ed., São Paulo: Nobel, 2014. 288 p.

RIVERA. J. R. **Cromatografía: Imágenes de vida y destrucción del suelo**. Cali - Colômbia: Feriva S. A., 2011. 252 p.

SARANDÓN, S. J.; FLORES, C. C. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: Una propuesta metodológica. In: **Agroecologia**. Universidad de Murcia, Facultad de biología, 2009, Vol. 4, p. 19-28.

SILVA, C.M.M.S.; FAY, E.F. Características do ambiente solo. In: SILVA, C.M.M.S.; FAY, E.F. (ed.). **Agrotóxico e meio ambiente**. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília-DF: 2004. p. 73-104.

SILVA, N.R.; COMIN, J.J. **Avaliação dos agricultores sobre a qualidade do solo: uma visão etnopedológica**. VIII Congresso Latinoamericano de Sociología Rural, Porto de Galinhas, 2010. 19 p. Disponível em <www.alasru.org/wp-content/.../07/GT2-Nivia-Regina-da-Silva.pdf>. Acesso em: 29/11/2012.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO / COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10ª ed., 2004. 400 p.

STREK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2ª Ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 222 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução: Eliane Romanato Santarém... [et al.], 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 618 p.

WAKSMAN, A. S. (1936) **O HUMUS: origem, composição química e importância na natureza**. Tradução: Juquira Candiru Satyagra; Brasil, 2012. 406 p.

WHITE, R.E. **Princípios e práticas da ciência do solo / O solo como um recurso natural**. Tradução: Iara Fino Silva, Durval Dourado Neto. 4ª ed.; São Paulo: Andrei editora Ltda. 426 p.