

## A IMPORTÂNCIA DA INTERPRETAÇÃO DA PEDOGÊNESE APLICADO A ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS

Lucas de Lima Fernandes Padoan\*

\* Universidade Federal de Minas Gerais. E-mail: lpadoan2@hotmail.com

### RESUMO

O estudo aponta a importância da interpretação da pedogênese e alteração mineral como ferramenta a auxiliar estudos socioambientais. Para tanto, passamos por conceitos que permeiam a gênese do solo, colocando os fatores de formação como pontos extremamente importantes na compreensão da existência de diversos tipos de solos, o que acaba gerando uma conotação mais genética, sendo o solo resultado de um material evoluído ao longo do tempo e não uma mera alteração mineral. Por fim, pretendemos corroborar com a ideia da multidisciplinaridade como chave para solução de problemas socioambientais, utilizando a ciências do solo como suporte para tal.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pedologia; pedogênese; alteração mineral; solos.

### INTRODUÇÃO

O planeta Terra, em toda sua história, passou por incontáveis mudanças em seu plano físico, consequência esta gerada a partir de processos geológicos ao longo dos anos. Desse modo, insere-se a Geologia como ciência competente para estudar e analisar como se deu tais transformações no globo durante os 4,6 bilhões de anos de sua existência.

Em função das transformações ocorridas, encontramos sobre a litosfera um corpo de material inconsolidado que, de maneira geral, recobre a superfície terrestre sendo chamada, portanto, de solo. Devido à sua complexidade, o estudo do solo ficou atribuído a Pedologia, sendo ela uma ciência por si só.

Apesar da Pedologia ser uma ciência separada da Geologia, é necessário enfatizar que ambas estão estritamente conectadas, uma vez que muitos conceitos e estudos utilizados pela Pedologia tem sua origem na Geologia, assim como dados e pesquisas obtidas pela Pedologia, podem ser usadas como suporte para a Geologia.

Pretendemos aqui focar nosso estudo em ambas as ciências, mais precisamente em como a pedogênese e a alteração mineral se fazem decisivas para o surgimento da grande diversidade de solos, bem como a sua compreensão e entendimento acabam se tornando fatores que acrescentam e contribuem não só para o aprimoramento de estudos técnicos, mas também se tornam interessantes para questões socioambientais.

A pedogênese, segundo Muggler et al (2005), pode ser definida como o processo no qual o solo se forma, levando em consideração o resultado dos fatores de formação do solo que nele atuam: material de origem, ação climática, relevo, organismos e o tempo. É necessário lembrar também que, durante o século XIX, ainda prevalecia uma visão dita geológica na qual considerava-se o solo um reflexo de um manto de fragmentos de rocha em processo de alteração, no entanto, em função da diversidade de solos classificados atualmente assume-se uma conotação genética, sendo o solo resultado de um material evoluído ao longo do tempo.

Nesse sentido, podemos afirmar que a gênese do solo – ou pedogênese – pode ser considerada aquela que integra e quantifica a formação, a qualidade, a classificação, a extensão, distribuição e variabilidade espacial dos solos (Sposito & Reginato, 1992 apud Kampf & Kuri, 2012). Desse modo, ao conseguirmos interpretar a pedogênese, compreendendo como ocorre a alteração mineral em função dos fatores de formação, configura-se em um passo a mais para garantirmos uma ferramenta valiosa para novas proposições no que se refere estudos ambientais e socioambientais.

### METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido seguindo um processo metodológico dividido em quatro partes, onde objetivamos, de modo geral, realizar uma análise dos processos envolvidos na gênese do solo, assim como contribuir com a discussão socioambiental em voga.

Em um primeiro momento buscamos realizar um levantamento bibliográfico, delimitando nossa abrangência dentro da Pedologia e Geologia, onde encontramos autores igualmente importante para o desenvolvimento desse trabalho: Muggler et al (2005), Kampf & Curi (2012), Ribeiro et al (2012), Rizzini (1979) e dentre outros autores.

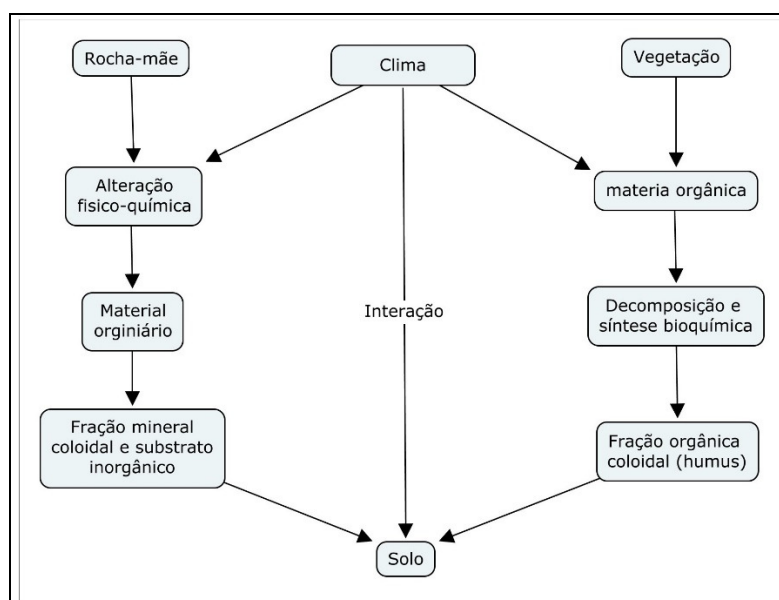
Em uma segunda etapa, descrevemos e analisamos de maneira breve quais são os fatores de formação do solo, bem como sua influência no processo de gênese que garante a diversidade hoje encontrada.

Em seguida, realizamos a introdução do fator antropogênico dentro dos fatores de formação descritos, buscando colocá-la de modo que a seja vista como um fator transformador.

Por fim, buscamos sintetizar todo o conteúdo estudado e relacioná-lo com o debate ambiental e socioambiental existente, onde a informação se faz extremamente importante para a proposição de soluções palpáveis.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fatores de formação do solo exercem grande influência no entendimento de sua aplicabilidade, seja ela em sua taxonomia, mapeamento ou em uma avaliação ambiental (Kampf & Curi, 2012).



**Figura 1: Interação dos elementos para a formação do solo (RIZZINI, 1979).**

Na figura 1, vemos os processos existentes na gênese do solo, evidenciando a importância de conhecê-los em função de suas especificidades, uma vez que quando algum fator se distingue (seja ele o material de origem, a ação climática, o relevo, organismos ou o tempo), teremos como produto um solo diferenciado.

Dessa forma, será feita aqui uma descrição concisa dos fatores de formação do solo, assim como uma breve análise e interpretação dos mesmos, adicionando também um último fator que inclui o ser humano nesse panorama geral.

### a) Material de origem

Segundo Jenny (1941, apud Kampf & Curi, 2012), a definição de material de origem é vaga, sendo considerado, portanto, o estado inicial do sistema que origina o solo in situ, evitando de tal modo uma referência errônea ao material sólido situado abaixo do solo. Em suma, o material de origem diz respeito ao material do qual o perfil de solo foi derivado.

O material de origem tem influência direta no tipo de solo que originará, uma vez que é possível notarmos três variáveis principais: o grau de consolidação, a granulometria e a composição (Kampf & Curi, 2012). Em materiais não consolidados, o desenvolvimento do perfil pode partir sem a necessidade das ações intempéricas, interferindo no tempo de desenvolvimento e em sua estrutura (Kampf & Curi, 2012).

Quando falamos de granulometria do material de origem, estamos falando sobre um determinante da textura que se refere a proporção relativa das diversas frações granulométricas que compõem o solo, sendo elas as proporções de argila, silte e areia (Ribeiro et al, 2012). É importante frisarmos aqui, que a granulometria do material de origem

interfere não só na textura resultante do solo, mas também altera propriedades importantes, como a CTC, teor de matéria orgânica e a capacidade de drenagem e retenção de água no solo (Kampf & Curi, 2012).

Tais elementos resumem a importância que se deve dar ao material de origem, uma vez que, ao intemperizado, ele interferirá em diversas propriedades do solo.

#### b) Clima

O clima acaba se tornando um fator que, isoladamente, mais contribui para a ação do intemperismo, uma vez que determina o tipo e a velocidade que o mesmo agirá sobre o material de origem (Muggler et al, 2005).

A água em contato com o solo pode ser considerada o principal agente do intemperismo nas rochas e impulsora da alteração dos minerais, bem como proporciona o crescimento e desenvolvimento das plantas (Kampf & Curi, 2012). Nesse sentido, podemos observar como os fatores de formação se relacionam, uma vez que o material de origem influencia ativamente na relação do solo com a água e com o crescimento de vegetação, visto que com a transformação do material de origem, definimos uma série de propriedades e elementos que regem tais características.

Temos a temperatura como outro ponto importantíssimo na ação climática, desempenhando um papel duplo onde condiciona a ação da água e, ao mesmo tempo, acelera as reações químicas, aumenta a evaporação e diminui a quantidade de água disponível para lixiviação dos produtos solúveis (Muggler et al, 2005).

É importante lembrar também que as condições climáticas de uma determinada região condicionam a ocorrência do tipo de vegetação adaptada, mesmo que, em contrapartida, a vegetação também seja um fator que pode alterar o clima atmosférico a nível local (Muggler et al, 2005).

#### c) Relevo (topografia)

O relevo é definido pela configuração da superfície do terreno, sendo ele relacionado com a distribuição espacial dos solos em toda as suas escalas da paisagem (Kampf & Curi, 2012).

Podemos considerar diversos pontos ao colocar o relevo como fatores determinantes na formação de um solo, visto que a topografia exerce efeitos diretos e indiretos. Pode-se dizer que a topografia regula a velocidade do escoamento superficial das águas pluviais (também regido pela cobertura vegetal) e, portanto, também interfere na infiltração da água no perfil (Muggler et al, 2005). Nesse sentido, temos também uma ação indireta, uma vez que sabemos que a quantidade da água penetrada também interfere na velocidade do intemperismo.

É bom lembrar que além do controle do fluxo de água, a topografia também atua no controle da intensidade de insolação das encostas, visto que sua inserção geográfica e o tipo de relevo regula a quantidade de energia recebida, influenciando também na velocidade do intemperismo (Muggler et al, 2005).

#### d) Organismos

O fator biótico refere-se a ação dos organismos vivos (flora e fauna) sobre um determinado local, possibilitando, portanto, o desenvolvimento de um perfil, uma vez que a ação biótica tem sido considerada um pré-requisito para formação de um solo (Boul et al, 1997 apud Kampf & Curi, 2012).

Segundo Muggler et al (2005), com a colonização de organismos vivos, identifica-se ações físicas e químicas sobre o material de origem, as quais continuam a atuar mesmo após o desenvolvimento do perfil do solo. O autor afirma que essas ações podem ser classificadas como conservadoras e transformadoras. As ações conservadoras incluem a retenção de água pela interceptação da chuva pela cobertura vegetal, promoção do sombreamento da superfície e a retenção de solo pelas raízes das plantas. As ações transformadoras sobressaem o intemperismo físico e químico das rochas, reciclagem de nutrientes e a incorporação de matéria orgânica.

#### e) Tempo

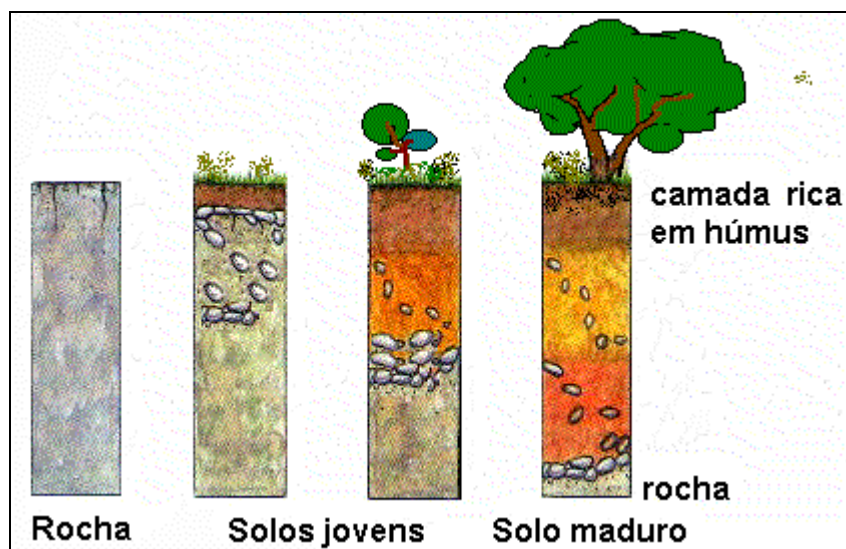
Por último temos o fator tempo, a qual possui suma importância, uma vez que todos os processos geológicos estudados hoje ocorrem ao longo do tempo, onde o ser humano o mensura em diversas escalas.

Deve-se ressaltar também, que todos os solos foram alterados ao longo do tempo e ainda assim passam por transformações com o passar dos anos, na maioria das vezes imperceptíveis ao olhar no tempo humano.

É preciso lembrar que o emprego dos termos tempo e idade em pedologia está geralmente associado a maturidade do solo, em outras palavras, o seu grau de desenvolvimento e não ao tempo cronológico propriamente dito. Desse modo, quando se diz que um solo é jovem, não está se referindo a idade situada em seu tempo cronológico, mas sim que a

pedogênese não foi tão intensa, sendo considerado, portanto, um solo muito raso. Em contrapartida, quando se diz que um solo é velho, está se referindo ao fato de que se trata de um solo muito espesso (ou desenvolvido).

Sendo assim, é possível termos um solo velho do ponto de vista pedológico, mas se tratar de um solo jovem, do ponto de vista cronológico e vice-versa.



**Figura 1: Exemplos de solos jovens e solo maduro durante o seu desenvolvimento. Fonte: Blog Entendendo a Terra.**

f) Ação humana

Alguns autores incluem o fator antrópico dentro do fator biótico (Jenny, 1941), contudo, por também se tratar de uma análise complexa e diferenciada, se torna mais fácil e mais didática estudá-la como um sexto fator de formação do solo.

Sabe-se que o processo da gênese do solo, bem como suas características adquiridas, é considerado como produto direto de milhares de anos sobre a influência dos fatores ambientais, contudo, é preciso ressaltar que o mesmo produto observado pode ser facilmente modificado (ou desconstruído) em questão de dias pela intervenção do ser humano sobre o ambiente (Kampf & Curi, 2012).

A ação do homem sobre o solo e ao ecossistema como um todo, pode ser considerada tanto positiva em determinadas questões, como negativas em outras, dependerá, sobretudo, do ponto de vista do observador.

**Tabela 1. Atividades agrícolas e seu possível efeito no solo e no ambiente. Fonte: Adaptado de Kampf & Curi, 2012.**

| Atividade humana x Efeitos no solo/ambiente |   |
|---|---|
| Remoção da vegetação e queimadas            | Perda de matéria orgânica e de nutrientes |
| Adição de adubos orgânicos e minerais       | Ganho de matéria orgânica e de nutriente  |
| Calagem                                     | Diminuição da acidez e toxidez            |
| Irrigação                                   | Mudança no regime de umidade              |
| Drenagem                                    | Mudança no regime de umidade              |
| Lavração                                    | Mistura de horizontes                     |
| Excessivo preparo do solo                   | Compactação e erosão                      |

Kampf & Curi (2012), exemplificam algumas atividades agrícolas bem como seu impacto para o solo e o meio ambiente em geral (Tabela 1). Dessa forma, temos algumas práticas segmentadas de seu impacto que não necessariamente deverá ser, impreterivelmente, negativo. Um bom exemplo para corroborar com a ideia é a prática de calagem, caso for devidamente manuseada conforme a necessidade do solo, poderemos ter como consequência uma diminuição da acidez e da toxidez, gerando, portanto, um aumento da produtividade do solo, o que do ponto de vista agrônomo é considerado positivo.

Em contrapartida, quando discutimos sobre a prática da irrigação e drenagem, as consequências nos levam a uma mudança no regime de umidade do solo, o que se não for tratado de maneira adequada, poderemos pressupor uma série de problemas ambientais, como no caso da irrigação, que poderá acarretar sérios riscos de salinização e oxirredução, enquanto na drenagem pode-se esperar a oxidação do solo (Kampf & Curi, 2012).

Podemos citar outros exemplos que promovem perturbações ao ambiente, que é o caso da lavração, que apesar ser um modo de preparo do solo para o cultivo, promove a compactação do solo, assim como também uma alteração da estrutura da fauna e da flora local.

#### g) A gênese do solo e a importância de sua compreensão

Chegamos, portanto, a uma das questões-chaves nesse trabalho, onde se faz necessário ressaltar a importância de compreender os processos que dão origem ao que chamamos de solo. Evidenciamos aqui todos os fatores de formação do solo que compõem um panorama geral dos elementos que atuam para promover a gênese do solo, dessa forma, é preciso observar como elas se relacionam.

Diz-se que o início de todo o processo está no material de origem, o qual, como já observado, ditará uma série de propriedades físico-químicas que o solo herdará. Em seguida, temos atuação de processos modeladores e transformadores, onde em sua maioria a água está presente e intensifica diversos processos intempéricos, promovendo o avanço da alteração mineral e a fragmentação do material de origem.

Desse modo, um dos primeiros processos atuantes no material de origem é o intemperismo físico, o qual promove a quebra para garantir uma maior superfície de contato e prepara para a entrada do intemperismo químico, que atua diretamente na rocha promovendo a alteração mineral.

Em conjunto temos também o início da colonização biológica, que promove a acumulação de matéria orgânica, que por sua vez vai ajudar a promover o crescimento de determinados organismos, que atuaram na forma de intemperismo físico, abrindo espaço, novamente, para o intemperismo químico.

Nesse contexto, temos o clima e o relevo garantindo a entrada da água nesse sistema, que com a infiltração teremos a intensificação dos processos de intemperismo, além de que não devemos esquecer que a água também é um agente que promove processos pedogenéticos, corroborando para a transformação do solo (Kampf & Curi, 2012).

Assim, inserindo o fator tempo, temos todo um contexto no qual cada fator interfere de algum modo a garantir peculiaridades nos tipos de solos formados, constituindo-se em uma enorme diversidade, o que para a área ambiental traz a necessidade de pesquisa para compreensão de tais fenômenos.

Dessa forma, compreendendo a gênese a partir da atuação conjunta dos fatores (figura 3), consegue-se entender o seu funcionamento diante a dinâmica sócioespacial atual, sendo possível se apropriar desse conhecimento para atuar em diversas áreas, sendo uma delas, o uso e manejo dos solos pela agroecologia.

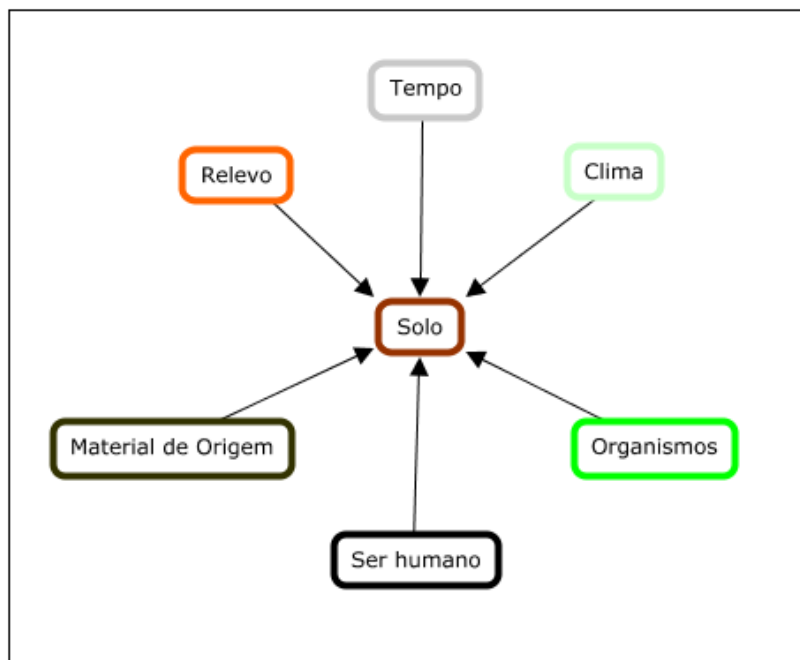


Figura 3: Fatores de formação do solo. Fonte: Gerado no software CmapTools 5.05.

Segundo Gliessman (2002), existem duas formas de uso e manejo do solo: (i) agricultura moderna convencional e (ii) agricultura alternativa ou agroecológica. A primeira é caracterizada pelo objetivo primordial de maximização da produção agrícola e dos lucros, onde o ambiente vem em segundo plano, apenas como um meio para atingir os fins. Esse modelo convencional é considerado extremamente agressiva ao solo e ao ecossistema como um todo, uma vez que, mesmo possuindo o conhecimento científico acerca dos processos que envolvem o manejo do solo, o modelo opta por uma postura extremamente degradante frente aos problemas ambientais atuais.

É preciso considerar o componente humano nesse modelo pós revolução verde, uma vez que a mão de obra, em sua grande maioria é dispensada em função da grande mecanização do trabalho, onde nota-se enormes propriedades monocultoras mantendo o menor número de funcionários apenas para operar as máquinas e reduzir seus custos. Questões como essa são levadas adiante como conflitos socioambientais, onde temos um impasse que, em tese, seria facilmente solucionado se não fosse o poder do capital sobre nossa sociedade ocidental.

O segundo modelo proposto por Gliessman pode ser considerada, literalmente, uma alternativa para se opor a esse modelo perverso e capitalista descrito. A agricultura agroecológica tem como base a aplicação de conceitos e princípios ecológicos para a disseminação e manejo de agroecossistemas sustentáveis, além de ser reconhecida por promover a valorização do conhecimento local e empírico dos agricultores tradicionais.

A agroecologia está muito comumente associada ao modelo de agricultura familiar, sendo estes considerados núcleos familiares em que a família assume o trabalho no estabelecimento produtivo e ao mesmo tempo em que é proprietária dos meios de produção (Wanderley, 1997, p. 25).

Desse modo, é possível aliarmos o conhecimento científico provindo da pedologia, com o conhecimento tradicional herdado por comunidades tradicionais para promover uma harmonização entre o ser humano e o ambiente, lembrando que é possível uma coexistência não agressiva.

Também se faz importante o conhecimento da pedologia por outras áreas de pesquisa e projetos, como é o exemplo de recuperações de áreas degradadas, as quais transformações acontecem em diversos planos, em sua maioria causada pelas atividades do ser humano (Sánchez, 2006).

Devido à complexidade exigida para os procedimentos adequados para se realizar uma recuperação de áreas degradadas, sabe-se que o conhecimento da gênese e entendimento do comportamento do solo se faz extremamente necessário para o sucesso do mesmo. A visão holística das causas da degradação ambiental abre um leque de opções para novas propostas de recuperação considerando os elementos ecológicos, sociais, econômicos e entre outros (Jesus, 1992).

O conhecimento da pedologia também se insere na gestão de resíduos sólidos, como por exemplo no processo de criação, administração e manutenção de aterros sanitários em proximidades de grandes centros urbanos, uma vez que o mesmo necessita de uma disposição correta para que não afete nenhum serviço ou função ecossistêmica, para que, no final das contas, não o torne nocivo ao ser humano.

Para a criação de um aterro sanitário é necessário estudo geológico e topográfico para uma destinação adequada dos resíduos, desse modo, sabe-se que entendendo o comportamento do solo, a identificação de uma área que provoque menos danos ao ambiente seria facilitada.

Em suma, é possível observarmos como a pedologia se insere em diversos segmentos como uma ferramenta para embasar pesquisas, estudos e até mesmo para adotar políticas e soluções afim de sanar conflitos socioambientais de nosso cotidiano.

## CONCLUSÕES

Ao construir este trabalho, foi objetivado colocar em evidência todos os fatores de formação do solo no processo de gênese do mesmo, para que assim fosse possível tornar mais fácil a visualização de suas possibilidades de inserção como ferramenta propensa a embasar pesquisas e propor soluções.

Fica claro aqui, como a dinâmica ambiental está interconectada em suas múltiplas facetas, onde nenhum elemento se mantém por si completamente isolado. Ressaltamos aqui a necessidade de se conhecer tal dinâmica afim de conseguir abstrair os processos ecológicos com finalidade de utiliza-los como ferramenta para a proteção ambiental e solução de conflitos socioambientais.

Lembramos também que o uso e aplicação do conhecimento da pedologia não se restringe apenas a agronomia, no entanto, o uso e manejo do solo acaba sendo uma das mais importantes áreas (apesar de sua extrema importância, está longe de ser a única) onde a pedologia entra. Também se faz importante lembrar que o entendimento da pedogênese é uma chave para compreender problemas relacionados a solos em áreas urbanas e industriais, assim como no ramo da construção da engenharia civil.

Atualmente, ao refletir sobre processos ambientais, pensar em fatores isolados está fora de questão, assim como não é mais possível conceber ciência tendo em vista um saber fragmentado. Esse trabalho significa mais uma tentativa de tentar calcificar a noção da interdisciplinaridade, bem como reforçar a ideia de um diálogo holístico entre todas as ciências para que dessa forma seja possível articular e propor soluções que conciliem os interesses da esfera ambiental e social, visando a integração de ambas e a garantia dos direitos que frequentemente são transgredidos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GLIESSMAN, Stephen. Agroecologia: Processos ecológicos e agricultura sustentável. Ed. LITOCAT, Turrialba, Costa Rica, 2002.

IBGE. Manual técnico de Pedologia. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manuais Técnicos em Geociências. Número 4, 2ª ed. Rio de Janeiro, 2007.

JENNY, H. Factors of soil formations: A system of quantitative Pedology. New York, Dover Publications, 1994 [1941]. 281 p.

JESUS, Renato. Recuperação de áreas degradadas. In: 2º Congresso Nacional sobre Essências Nativas. Anais do Congresso, 1992.

KAMPF, Nestor; CURI, Nilton. Formação e Evolução do solo (Pedogênese). In: Pedologia: Fundamentos. Viçosa, MG, SBCS, 2012.

KER, J.C.; CUR, N.; SCHAEFER, C.E.G.R. & VIDAL-TORRADO, P., eds. Pedologia: Fundamentos. Viçosa, MG, SBCS, 2012.

LEFF, Enrique. Saber Ambiental. Sustentabilidade, Racionalidade, Complexidade e Poder. Editora Vozes, 2012.

MUGGLER, Cristine; CARDOSO, Irene; FONTES, Maurício; ABRAHÃO, Walter; CARVALHO, Anôr. Conteúdos básicos de geologia e pedologia. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos. Viçosa, 2005.

RIBEIRO, Mateus et al. Propriedades morfológicas e sua interpretação. In: Pedologia: Fundamentos. Viçosa, MG, SBCS, 2012.

RIZZINI, Carlos. Tratado de Fitogeografia do Brasil: aspectos sociológicos e florísticos. São Paulo: HUCITEC – EDUSP, 1979, v. 2, 374 p.

SANCHÉZ, Luis. Recuperação de áreas degradadas: um campo multidisciplinar de pesquisas. Seminário Unesp Rio Claro. Escola Politécnica da USP: 2006.

WANDERLEY, M. de N. B. O “lugar” dos rurais: o meio rural no Brasil moderno. In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 35. Anais do Congresso. Brasília: SOBER, 1997. P. 90-113.