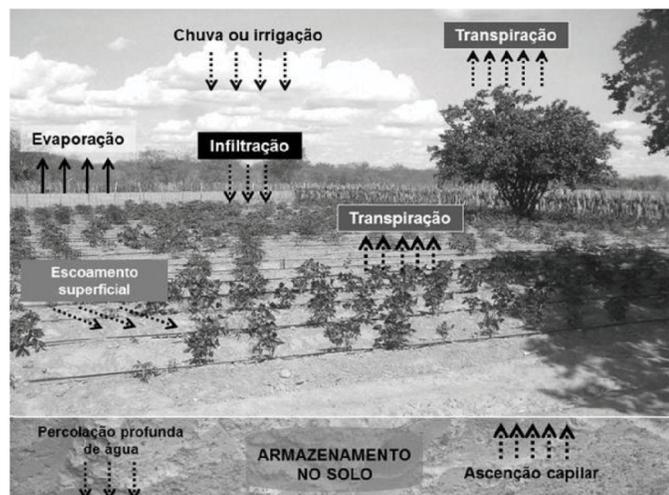


## CAPÍTULO 4

# Relação “clima-solo-**planta**” na Análise Integrada de Paisagens

***Alineaura Florentino Silva***  
***Lucivânio Jatobá***



## INTRODUÇÃO

O trinômio clima-solo-plantas é um dos aspectos mais relevantes na análise integrada de paisagens. São elementos inseparáveis. O clima exerce forte influência sobre a origem das formações superficiais, que, por sua vez, interfere no desenvolvimento e característica das formações vegetais. Essa interferência climática sobre o solo e as plantas é marcante e mostra-se diferenciada nas várias regiões do planeta.

Observam-se, também, condições climáticas diferentes entre os países e, dentro de cada país, entre suas regiões. Essas diferenciações de condições climáticas ambientais decorrem da atuação de fatores estáticos e dinâmicos sobre o andamento do tempo ao longo dos anos. No Brasil, essa situação é bastante peculiar em face de seu tamanho continental, determinando claras e significativas diferenças regionais tanto climáticas quanto fitogeográficas. A vegetação atinge um ápice que é condicionado por diferentes fatores e que geralmente é reconhecido como vegetação clímax. A vegetação clímax tem sido definida como uma consequência do clima regional (MAGNANINI, 1961)

No mundo, os diferentes tipos de clima são responsáveis pelas diversas formações vegetais conhecidas como Florestas Equatoriais, Florestas Tropicais, Estepes, Desertos, Floresta de Coníferas, Taiga etc. A presença dessas formações vegetais é resultado da ação do clima aliado ao material pedológico existente. A presença de vegetações cultivadas também depende dos dois elementos das paisagens naturais citados, somando-se ao manejo ofertado pelo homem.

Os tipos de vegetação e cultivos encontrados nas paisagens resultam dos elementos clima e solo, bem como da história de ocupação e de atividades econômicas do espaço natural pelo homem. Nos ambientes antropizados, o comportamento fitogeográfico, que apresenta influência direta do clima, não é levado em consideração na escolha da cultura a ser explorada comercialmente. Mesmo que as espécies nativas não sejam utilizadas como cultura comercial, determinados aspectos da fisiologia vegetal poderiam ser levados em conta para compreender aspectos climáticos disponíveis naquela determinada região e com isso aumentar as chances de sucesso nas atividades.

A Fitogeografia de cada região climática tem forte relação com o clima determinando a forma de crescimento das plantas. As exigências de cada planta cultivada precisam ser observadas para que a adaptação no ambiente escolhido possa ser adequada e permita resultados satisfatórios.

Galvão (1967) definiu e delimitou seis regiões bioclimáticas no Brasil, a partir do emprego dos seguintes critérios: duração e intensidade do período seco, valores característicos da temperatura e regime de chuvas.

É possível, também, estabelecer uma classificação das formações vegetais que se reveste de grande utilidade didática no processo ensino-aprendizagem, sobretudo de Geografia. Essa classificação, considerando-se os elementos clima e solo, agrega formações vegetais climáticas, edáficas e edafoclimáticas. Segundo Jatobá (2014), diferentes escalas geográficas podem ser identificadas na análise climática e dessa forma os climas são divididos em zonais, regionais, locais e microclimas, fato já assinalado pela Climatologia Dinâmica de Max Sorre.

Os principais elementos do clima exercem maior ou menor influência sobre os processos morfogenéticos e de pedogênese e, conseqüentemente, sobre as expressões dos vegetais ali localizados. As chuvas, por exemplo, determinam a natureza da erosão das encostas, sobretudo em paisagens semiáridas e úmidas, determinando, inclusive, o tipo de perfil que assumem as encostas.

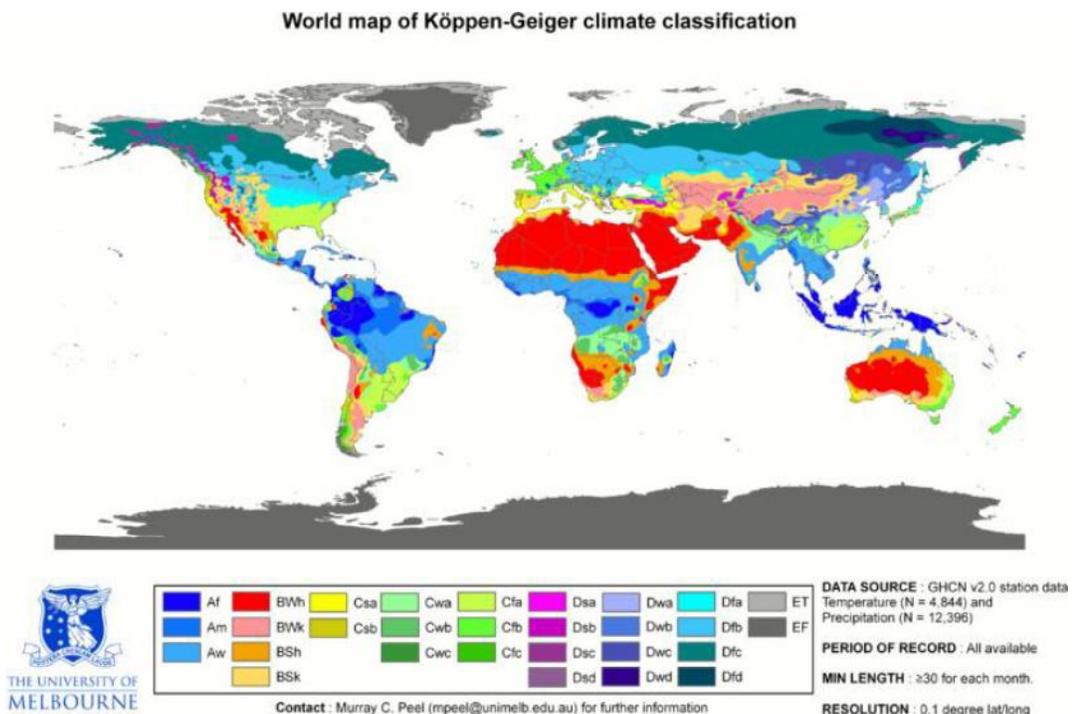
## 4.1 Relações entre a planta e a atmosfera

Atualmente, uma das melhores definições de clima, aceitas internacionalmente e utilizadas, inclusive, no processo ensino-aprendizagem, é aquela que foi enunciada por Sorre (1955). Segundo esse geógrafo, “clima é o resultado do andamento habitual do tempo sobre uma dada região ou localidade”. Essa definição opõe-se à que anteriormente, nas primeiras décadas do século XX, havia sido apresentada pelo meteorologista Julio Hann: “O clima é o conjunto de fenômenos meteorológicos que caracterizam o estado médio da atmosfera sobre uma região”.

Os climas são definidos por uma complexa interação entre as variáveis climáticas e os fatores ditos climáticos, que são de duas ordens distintas: fatores estáticos e fatores dinâmicos. As variáveis climáticas compreendem a temperatura do ar, a pressão atmosférica, a umidade atmosférica, a circulação atmosférica, as precipitações atmosféricas etc. Os fatores climáticos estáticos englobam o relevo terrestre (disposição do relevo, altitude), posição astronômica da localidade (distância latitudinal), cobertura vegetal, natureza do terreno etc. Os fatores climáticos dinâmicos são: as frentes frias, as correntes oceânicas, as anomalias térmicas da superfície marinha, os avanços dos centros de altas e baixas pressões, as massas de ar, entre outros.

São conhecidos no mundo diferentes tipos de climas com suas múltiplas características, decorrentes da interação elementos e fatores climáticos referidos. Por outro lado, existem diversas classificações climáticas, cada uma elaborada a partir da utilização de critérios particulares e com finalidades bem definidas. Uma dessas classificações, ainda utilizada mundialmente, é a de W. Köppen (Kooppen, 1948). Esse autor estruturou a classificação climática referida, tomando por base os valores médios da temperatura, da precipitação pluviométrica e associando zonas e tipos climáticos com as formações vegetais (Figura 32).

Figura 32. Mapa demonstrativo da classificação de Köppen no mundo



Fonte: PEEL et al., 2007

A classificação de Köppen é amplamente utilizada por apresentar, além de informações sobre temperatura, outros dados meteorológicos que caracterizam a paisagem estudada de forma clara e permite uma boa correlação entre solo e cobertura vegetal. A classificação de Köppen tem um significado abrangente e relaciona-se a diversos elementos importantes na análise climática global das paisagens, conforme apresenta Jatobá (2014), no capítulo sobre as condições climáticas, sendo devidamente consideradas alterações terminológicas apontadas por Gilberto Osório de Andrade e Rachel Caldas Lins:

- A – climas quentes;
  - B – climas secos;
  - C – climas mesotérmicos úmidos;
  - D – climas microtérmicos úmidos;
  - E – climas polares e de grandes altitudes.
- Um conjunto de símbolos e letras foi utilizado pelo autor para definir subtipos climáticos:
- S – estepe;
  - W – deserto;
  - a – temperatura do mês mais quente acima de 22° C (verão quente);
  - b – temperatura do mês mais quente inferior a 22° C (verão brando). Durante quatro meses, pelos menos, é superior a 10° C;
  - c – somente de 1 a 4 meses com mais de 10° C, o mês mais frio superior a -38° C;
  - d – temperatura do mês mais frio inferior a -38° C;
  - f – constantemente úmido (precipitações todos os meses);
  - h – quente, com temperatura anual superior a 18°C, mês mais quente superior a 18° C;
  - m – clima de floresta equatorial, embora com curta estação seca;
  - s – seca de verão (chuvas de inverno);
  - s' – chuvas de inverno antecipadas no outono;
  - w – seca no inverno (chuvas de verão);
  - w' – chuvas de verão retardadas para outono;
  - " – temporada de chuvas dividida em dois períodos, com uma temporada de seca intercalada.

Na grande maioria dos artigos científicos, essa classificação reúne boa parte das informações climáticas presentes no local pesquisado e algumas vezes, ao utilizá-la, os autores eximem-se de uma descrição mais complexa sobre as condições climáticas do local do trabalho. Esse aspecto torna-se prático para que possam ser comparados trabalhos com um mesmo assunto em regiões de climas diferentes, por exemplo, resposta da cultura manga ao uso de estimuladores de crescimento no Brasil e no México.

Apesar da praticidade do uso da classificação de Köppen nos trabalhos científicos de análise integrada de paisagens, é importante alertar para o exercício da descrição geográfica e climática dos ambientes, muitas vezes reduzido ou deixado em desuso pela praticidade dessa classificação. Podemos afirmar que nada substitui a caracterização climática bem feita de uma paisagem, com elementos mais diversos encontrados na observação dos ambientes, inclusive pautando as alterações que sejam vistas e nem sempre consideradas pela classificação em questão.

Os principais elementos do clima considerados na produção agrícola são a temperatura e a umidade relativa do ar (associada logicamente à precipitação). Cada um desses elementos interfere de forma isolada nos processos biológicos de plantas, animais e microorganismos que vivem em um bioma, porém uma maior influência é percebida quando dois ou mais desses elementos agem de forma conjunta, resultando em condições climáticas complexas ou mesmo divergentes das mais comumente encontradas. Nessas condições, qualquer espécie que seja investigada para fins de competição de variedades ou mesmo resposta a uso de insumos ou manejo tem maior representatividade quando testadas em condições naturais do que em condições artificiais, ambientes fechados, com menor nível de complexidade. A seguir serão comentadas situações de cada um dos elementos do clima e a influência dos mesmos sobre o crescimento e comportamento das plantas cultivadas. A relação entre esses elementos e as respostas da fitogeografia também será abordada como base de comparação entre a situação natural e a induzida por ação antrópica.

A importância da frequência e volume de precipitação na formação da vegetação, seja ela nativa ou exótica, é descrita em diversos trabalhos que tem como ponto de análise as taxas de crescimento num determinado espaço de tempo, conforme o volume de precipitação.

Andrade-Lima (1970) ao estudar a fitogeografia do estado de Pernambuco considerou que as formações florestais nesse estado se instalam na faixa de pluviosidade compreendida entre o máximo de 2316 mm anuais, em Barreiros-PE e o número de 720 mm por ano em Aliança, município da Mata Norte de Pernambuco. Contudo esse mesmo autor ressalta que:

Se é baixo esse valor último com o qual em outras regiões do estado só cresce vegetação do tipo caatinga, deve-se a uma boa distribuição das chuvas o ser possível cobertura florestal naquele e em outros municípios menos úmidos do norte do Estado. É o clima, com seu principal elemento umidade, o maior responsável pela diversidade da vegetação em Pernambuco (Andrade-Lima: 1970, p. 47).

#### 4.1.1 A temperatura

A temperatura é uma das principais variáveis climáticas. Influencia diversos outros elementos do clima e as plantas. São expressivas as variações térmicas diárias e anuais quando se correlaciona quadro térmico de uma localidade com as faixas latitudinais. Nas regiões situadas, por exemplo, no Mundo Tropical (baixas latitudes), nota-se que a variação diária da temperatura é superior à variação anual, ou seja, a diferença verificada entre o mês mais quente e o mês mais frio. As regiões de latitudes médias, diferentemente do mundo tropical, possuem um regime térmico muito bem delineado, daí a ocorrência plena das estações do ano. Nestas, o verão e o inverno são muito diferentes quanto aos aspectos térmicos.

A representação cartográfica das temperaturas é feita mediante o uso das cartas com isotermas, que são linhas que unem pontos com a mesma temperatura de um período considerado.

Nas regiões de temperaturas mais altas, normalmente o número de culturas a serem recomendadas para plantio é bem menor do que nas regiões de clima mais ameno. Espécies como caqui, morango, pera, maçã, ameixa, agrião mostram-se adaptadas a locais de temperaturas mais baixas, tendo seu cultivo com pouca viabilidade em regiões nas quais as temperaturas mantêm-se acima de 25<sup>o</sup>C na maior parte do ano, como ocorre em grande parte do Nordeste brasileiro, por exemplo. Apesar da exigência dessas espécies em frio, algumas pesquisas já apresentam resultados positivos para pera, caqui, pera e maçã no semiárido nordestino.

O uso de determinados indutores ou retardadores de crescimento, aliados aos fertilizantes e ao manejo de poda, são algumas das práticas testadas que têm alcançado resultados positivos nos últimos anos, nos trabalhos liderados pelo pesquisador Paulo Roberto Coelho Lopes (LOPES et al., 2012). Trabalhos como esse carregam alto grau de complexidade ao serem realizados em campo, diferente de laboratório, devido à grande dificuldade de isolar os elementos que interferem nos resultados a serem alcançados.

Normalmente são necessários muitos anos até que se consiga aliar as doses de fertilizantes e substâncias promotoras de crescimento (hormônios) ao manejo de poda e capinas, sejam elas mecânicas ou químicas para alcançar as produtividades que justifiquem a indicação do mês mas para determinada região.

As temperaturas próximas a 25<sup>o</sup>C normalmente são bem aceitas pela maioria das espécies cultivadas, porém a temperatura constante nem sempre é suficiente para que algumas plantas completem seu ciclo. O alho (*Allium sativum* L.), por exemplo, possui necessidade de um gradiente térmico que pode variar de até 8<sup>o</sup>C para completar seu ciclo produtivo, ou seja, para completa bulbificação (formação do bulbo ou cabeça) é necessário que a noite tenha temperaturas baixas, em torno de 8<sup>o</sup>C. Diversos ensaios já foram conduzidos na tentativa de adequar o ciclo fenológico do alho, por exemplo, ao período do ano com gradiente

térmico que permitisse formação de cabeça, o que mantinha o preço dessa olerácea alto em parte do ano para muitas regiões brasileiras, em alguns anos necessitando-se de lançar mão da exportação.

Apesar da produção brasileira de alho ter aumentado nos últimos anos (2012 a 2016), a importação ainda é presente e com volume maior do que nacional, denotando dependência externa para a demanda nacional sobre esse produto, de alto valor econômico.

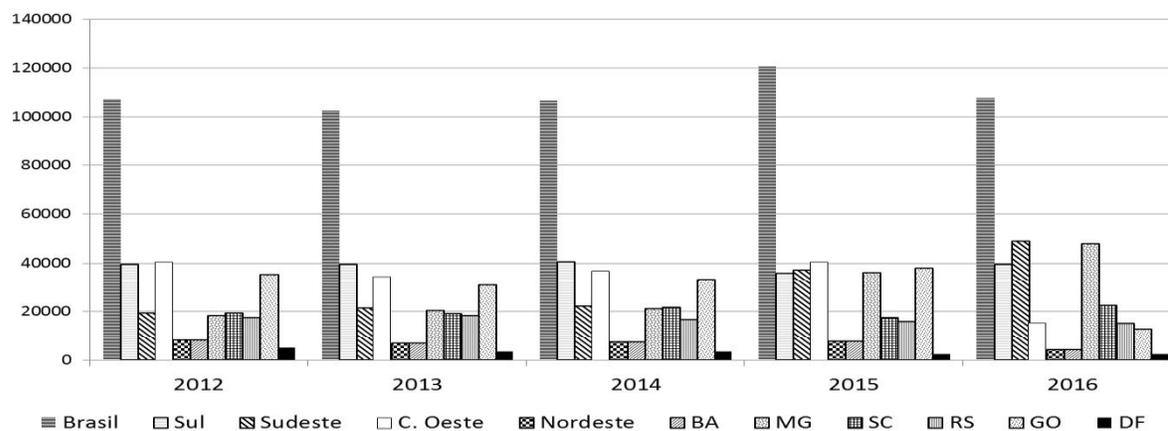
Diversos fatores, além da temperatura, podem estar contribuindo para o comportamento da produção de alho, no Brasil e nos demais países fornecedores. Dentre os principais fatores determinantes da situação do alho brasileiro, podem ser citados os impostos cobrados sobre produtos e serviços, o custo de produção, incluindo defensivos e mão de obra, etc.

Na China, por exemplo, o custo da mão de obra é sabidamente menor do que no Brasil e como a cultura do alho é altamente dependente de tratamentos manuais, tem-se como redução nos custos de produção e como consequência, entrada de um alho “mais barato” no Brasil. Em nosso país, o alto custo de alguns insumos e da mão de obra, principalmente após a disseminação de programas sociais que mantém parte dos trabalhadores sem grande interesse de ir ao campo, culturas como alho tem o custo de produção aumentado, valendo-se em alguns casos de tecnologias de ponta para sanar esse problema, sendo vista essa situação no Sul do país que ainda manteve uma taxa média de crescimento da cultura entre 2 e 4% (Figura 33).

Aliado incondicional das baixas temperaturas, principalmente quando produzido em grande escala, o alho tem na região Sul do país o maior produtor, entre as outras regiões, alcançando um volume de mais de 38mil toneladas, mais de 30% da produção nacional (Figura 33). O Centro Oeste permanece em segundo lugar no ranking nacional, tendo sido responsável por pouco mais de 33mil toneladas de alho em 2014. As condições climáticas nessas regiões, especificamente a temperatura, favorecem o cultivo, aliviando em parte as despesas com insumos e mão de obra presentes em todas as outras regiões brasileiras.

Para sanar a necessidade de frio de espécies que bulbificam, tem-se usado um procedimento conhecido como vernalização. Este processo consiste em manter os materiais vegetativos, bulbilhos, em refrigeração por período determinado, podendo variar entre 30 e 60 dias, em temperaturas oscilando entre 4 e 8°C. Nesse período ocorrem mudanças hormonais nos tecidos vegetais, como aumento de giberelinas e citocininas que são substâncias associadas a quebra de dormência, crescimento de gemas laterais e diferenciação de tecidos (Souza, 2009), permitindo que os bulbos alcancem o tamanho desejado comercialmente, em período de tempo adequado.

Figura 33. Produção Brasileira de alho (toneladas) entre os anos 2002 e 2016.



Fonte: Adaptado IBGE e Agriannual, 2016

Apesar de algumas espécies terem exigências climáticas devidamente conhecidas, muitas ainda são cultivadas sem o cuidado de observar a adaptação das mesmas aos ambientes.

Os zoneamentos climáticos estão disponíveis para diversas culturas e eles podem ajudar muito na escolha das melhores áreas para o cultivo das espécies escolhidas, adequando-as aos ambientes considerados próprios para a atividade agrícola mais rentável e sustentável ambientalmente. Pode-se ter como um bom exemplo o zoneamento elaborado por Maluf et al., (2011) para a cultura da mandioca, no Rio Grande do Sul, visando à produção de etanol. Impressiona o grau de detalhamento desse zoneamento para uma cultura com determinado fim, onde foram considerados, no caso, o regime térmico, a precipitação pluvial, as deficiências hídricas da região e os solos. A elaboração de um zoneamento climático para uma cultura é trabalhosa e lenta, mas ao final transmite mais segurança aos produtores que desejam investir fortemente em culturas consideradas rentáveis.

No zoneamento para mandioca no Rio Grande do Sul, realizado por Maluf et al. (2011), foram abordados aspectos da temperatura do solo, tendo em vista ser uma região que apresenta períodos frios, quando a velocidade de crescimento de algumas plantas é retardada e partes vegetativas entram num estado de dormência. Outros autores como BERGAMASCHI e GUADAGNIN (1993) acrescentaram que para a mandioca, além do processo de germinação, de enraizamento e brotação, a temperatura do solo é importante na absorção de água do solo pelas raízes, na atividade de microrganismos, na difusão de solutos e gases, no desenvolvimento de moléstias e na velocidade das reações químicas.

Em outras culturas também é marcante a influência da temperatura do solo, sendo alvo de estudo de diversos autores como MATZENAUER et. al. (1983, 1987) que identificaram ausência de emergência das plântulas de milho e soja com temperatura do solo a 5 cm de profundidade inferior a 16 °C e superior a 31 °C. Fica claro que as temperaturas extremas, principalmente no solo, tornam-se complicador para germinação, brotação e crescimento das plantas de um modo geral.

#### **É bom lembrar que...**

Além da temperatura do ar, torna-se necessário dar atenção também à temperatura do solo, normalmente desconsiderada nas análises climáticas dos ambientes para agricultura.

Nas regiões em que as temperaturas elevadas são constantes, como no semiárido brasileiro, uma preocupação deve ser o cultivo de espécies que permanecem no solo nos períodos mais críticos do ano, como a cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Cranz). Na região semiárida, apesar dessa espécie ser plantada no período de chuvas (entre novembro e fevereiro), as temperaturas altas do período seguinte (entre setembro e dezembro) podem proporcionar temperaturas do solo acima de 48°C, o que pode ocasionar problemas na absorção de nutrientes e até mesmo morte de raízes localizadas nas camadas mais superficiais do solo (informações do autor). Espécies consideradas perenes como a pornunça (híbrido natural entre mandioca e maniçoba) têm seu crescimento muito reduzido nos períodos de escassez de água aliado a altas temperaturas e a proximidade da caatinga nativa (Figura 34) pode intensificar o dano às raízes, por conta da competição das espécies ali presentes, normalmente mais tolerantes a seca do que a pornunça.

A temperatura terá maior influência em determinados tipos de solo e manejos. Solos de textura mais arenosa reduzirão o conteúdo de água com mais facilidade do que os argilosos e com isso poderão oferecer as raízes temperaturas mais altas, principalmente se houver inexistência de cobertura morta. A presença cobertura morta sobre o solo permite a redução drástica da temperatura do mesmo permitindo melhores condições para o crescimento das raízes das plantas, dentre outros benefícios muito estudados até hoje para várias espécies.

Figura 34. Plantio de pornunça próximo à mata nativa (Caatinga). Petrolina-PE, 2013.



Foto: Alineaura Florentino Silva.

#### 4.1.2 Umidade Atmosférica

A umidade atmosférica pode ser entendida como a quantidade de vapor d'água contida no ar atmosférico. Ela está fortemente associada aos avanços e recuos de massas de ar, frentes ou outros fenômenos meteorológicos.

A quantidade de vapor d'água sobre uma paisagem varia no tempo e nos planos horizontal e vertical. Uma das maneiras que são utilizadas para se saber a quantidade de vapor d'água no ar num determinado tempo é através da umidade relativa do ar. Esse índice corresponde ao quociente entre a quantidade de vapor d'água na atmosfera, num determinado momento, e a máxima quantidade que poderia conter. A umidade relativa é representada em percentual, por exemplo, 45%, 85% etc. O ar está saturado de umidade quando a umidade relativa (UR) atinge 100%

Há uma estreita relação entre umidade do ar e temperatura do ar. A umidade modifica-se com a temperatura do ar. O ponto de orvalho representa a temperatura na qual o ar se resfria para que ocorra a condensação do ar, após a saturação de umidade.

A umidade relativa do ar tem grande influência sobre o tempo, sendo um grande indicador de possibilidade de precipitação, chuva, orvalho ou nevoeiro (Enciclopédia Britânica, 2014). Por outro lado, autores como Lins e Jatobá (2012) enfatizam a pressão atmosférica como elemento do clima que corresponde ao peso do ar atmosférico e área e pode reduzir a própria umidade relativa do ar caso, por exemplo, uma massa de ar seco avance sobre parte do território, aumentando a pressão atmosférica e reduzindo a umidade relativa.

A umidade relativa do ar é a grande responsável pela sensação térmica nos seres humanos, seja onde a temperatura é alta e notadamente sente-se mais calor com uma alta umidade relativa, seja em temperaturas baixas, quando a baixa umidade relativa do ar permite uma sensação térmica maior de frio, como nos desertos e regiões semiáridas.

Para as plantas, a umidade relativa do ar pode ser a grande vilã quando entram em campo espécies cultivadas susceptíveis a patógenos como fungos e bactérias. A incidência de alguns fungos pode até inviabilizar o cultivo de algumas espécies ou variedades mais susceptíveis, como ocorre em certas variedades de videira, em regiões onde em parte do ano a umidade relativa do ar insiste em permanecer alta. A umidade relativa do ar ao longo do ciclo da cultura da videira determina aspectos fisiológicos, além da ocorrência de doenças fúngicas

e bacterianas. É o que contextualizam Teixeira et al. (2010), quando citam que valores mais elevados de umidade relativa do ar (%) proporcionam desenvolvimento de ramos mais vigorosos, aceleram a emissão das folhas e favorecem uma maior longevidade. Porém, os mesmos autores detectaram que, quando associada às temperaturas elevadas, a alta umidade relativa do ar torna a incidência de doenças fúngicas e bacterianas mais intensa. Essa umidade relativa do ar pode ainda ter uma forte alteração artificial, pelo menos internamente no pomar, quando utilizando-se irrigação, seja ela micro ou aspersão convencional.

A umidade pode ser tratada sob diversos prismas, dependendo da formação profissional do pesquisador. Para as ciências ambientais e agrárias, a umidade do ar é responsável pela maior parte do sucesso de uma cultura ou da estruturação de uma mata nativa. Nesse caso, pode-se entender umidade desde a umidade relativa do ar, medida através dos higrógrafos e umidade do solo, avaliada por diversos métodos, até umidade das sementes, estimada em estufas controladas e com circulação de ar ou por métodos alternativos.

A umidade oferecida às plantas pode ser proveniente diretamente da precipitação pluvial ou de sistemas de irrigação artificiais instalados, quando as condições naturais não permitirem o crescimento e produção das espécies de plantas cultivadas, dependendo de chuva. A água a ser adicionada ao solo, no caso de irrigação, depende de diversos elementos, como coeficiente da cultura, estágio de crescimento da planta, textura do solo e conseqüentemente sua capacidade de retenção de umidade, dentre outros fatores.

Apenas algumas iniciativas foram identificadas no sentido de proporcionar ambiente natural com melhor umidade do solo, no bioma Caatinga. Nesse caso, a sensibilidade do produtor foi suficiente para compreender os serviços ambientais e ecológicos que esse ambiente proporcionaria para a cultura principal, estimulando-o assim a manutenção de elementos biológicos essenciais, como inimigos naturais, polinizadores e outros organismos importantes para áreas produtivas.

Enquanto a temperatura tem forte influência sobre os processos fisiológicos das plantas, interferindo nas trocas gasosas, absorção de nutrientes pelas raízes, metabolismo de bulbificação e diferenciação de tecidos, a umidade relativa do ar pode ter influência maior em processos relacionados às atividades externas da planta, com microorganismos, epífitas e simbioses. Essas características são interligadas, por isso é importante compreender cada uma delas, sem, contudo perder de vista o contexto específico onde ela se encontra.

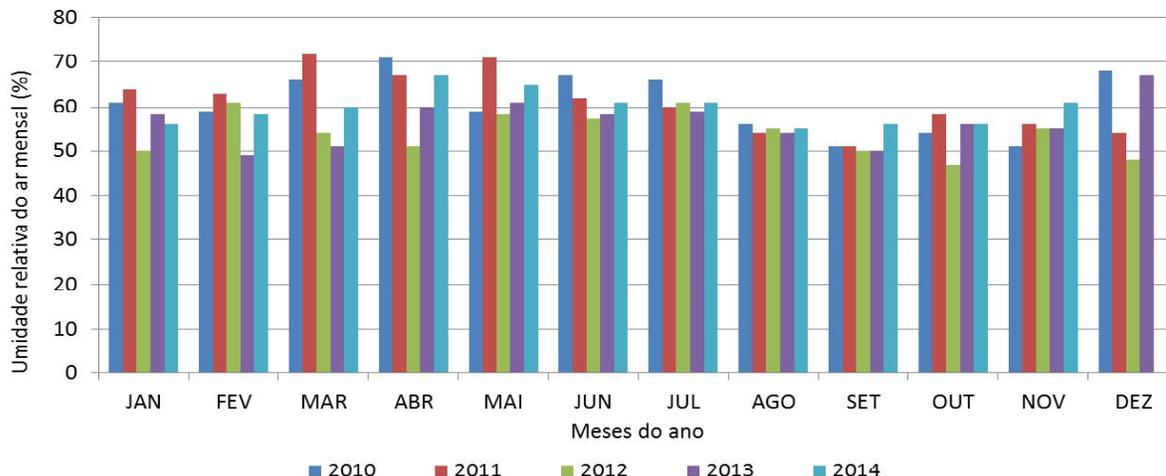
A alta umidade relativa do ar em determinadas regiões é um fator determinante para a escolha da cultura a ser plantada na zona rural ou do manejo necessário para a sanidade vegetal e resultados econômicos positivos. Para algumas espécies simplesmente determina o volume de defensivos a serem adquiridos, mesmo antes do plantio. Alguns produtores costumam comentar que “compramos as sementes e os defensivos juntos...”. Esse modelo de produção ocorre em detrimento da incidência de certos patógenos, frequentemente observados em períodos mais úmidos, nos quais a condição climática relacionada à umidade relativa do ar permite a multiplicação de fungos e bactérias. No Vale do São Francisco, no Nordeste brasileiro, apesar da umidade relativa do ar permanecer em níveis mediana a baixa, durante quase todo o ano, observam-se alterações que nem sempre resultam em precipitações. Outras forças certamente estão impedindo essa dívida de se precipitar, que é a água vinda dos sistemas de nuvens.

Dados de umidade relativa do ar coletados ao longo de cinco anos, na estação Meteorológica do Bebedouro, Petrolina-PE, representados na Figura 35, mostram que a umidade do ar apresenta uma curva ao longo do ano. Neste caso, a UR média (%) mantém-se mais alta entre os meses de março, abril e maio, quando há invasões de sistemas atmosféricos equatoriais, período onde certamente as aplicações de defensivos são normalmente maiores, assim como em dezembro, quando a ocorrência de algumas chuvas pontuais eleva a umidade relativa (%), obrigando ao agricultor convencional utilizar defensivos no plantio, evitando perdas e prejuízos catastróficos, já vistos no passado.

Por outro lado, a umidade relativa mínima nessa região encontra-se entre os meses de agosto, setembro, outubro e novembro (Figura 35). Os valores apresentados na referida figura,

entre 48 e 55% são apenas as médias diárias, mas nesses meses a umidade relativa (%) mínima pode chegar a pouco mais de 20%, algo considerado insalubre para seres humanos e que pode interferir na fisiologia das plantas, principalmente nas trocas gasosas das espécies de folha larga.

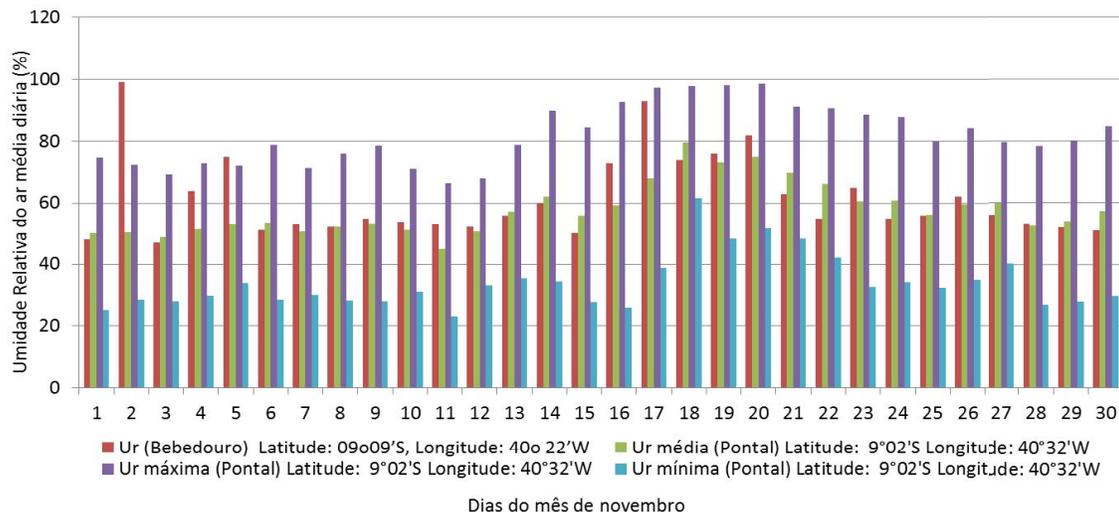
Figura 35. Umidade relativa média mensal (%) na Estação Agrometeorológica do Bebedouro, durante os anos de 2011, 2012 e 2013. (Petrolina-PE 09°09'S 40°22'W).



Fonte: Embrapa Semiárido (2014).

Pequenas variações ao longo do ano podem ocorrer a distâncias de quilômetros, dependendo da vegetação existente e conseqüentemente da forma como se encontra o solo nesse local. Essa situação pode ser exemplificada como no gráfico a seguir (Figura 6) no qual está detalhada a umidade relativa média ao longo do mês de novembro em duas localidades próximas a Embrapa Petrolina. Uma dessas estações está montada no campo experimental do Bebedouro (09° 09' S, 40° 22' W) e o outro no Pontal (09° 02' S, 40° 32' W). A localização de cada uma dessas áreas também está indicada no gráfico, e nota-se que apesar de ambas pertencerem ao município de Petrolina, a estação de Bebedouro apresenta ao longo do mês umidade relativa média (%) discretamente acima dos valores do Pontal.

Figura 36. Umidade relativa média diária ao longo do mês de novembro de 2014, na Estação Experimental do Bebedouro (vermelho) e área do Projeto Pontal (verde), Petrolina-PE.



Fonte: Embrapa Semiárido (2014).

Esse fato pode ter várias explicações, porém o que chama atenção é a proximidade das margens do rio e a presença de plantios irrigados no Bebedouro, algo que não ocorre na área do Pontal e pode explicar, pelo menos em parte, o presente comportamento da umidade relativa (%) média ao longo do mês de novembro. Certamente, essa umidade relativa mais alta tem influência dos diversos sistemas de irrigação montados na área da estação experimental do Bebedouro, alterando o comportamento natural dessa característica e criando ambientes em muitos casos propícios ao desenvolvimento de patógenos para as plantas.

A umidade do solo é outra forma de disponibilidade hídrica que influencia muito o crescimento e o desenvolvimento das plantas. A umidade do solo é uma característica altamente variável no tempo e no espaço, assim como na profundidade do mesmo. Diversos métodos são utilizados para quantificar o teor de água no solo, sejam métodos que utilizem amostras naturais ou deformadas em laboratório. Cada um dos métodos de estimar a umidade do solo possui melhor validade principalmente quando acompanha essa informação em um determinado local de forma contínua, apresentando resultados comparativos, mais confiáveis do que dados pontuais. Outra variação importante ocorre entre os diversos tipos de solos, principalmente quando se pretende estimar a capacidade de retenção de umidade, onde os métodos para esse fim podem apresentar resultados contrastantes e por isso exigem estudos mais aprimorados e específicos quando são envolvidos solos de diferentes origens (PREVEDELLO, 1999).

A umidade do solo tem o poder de determinar o sucesso e a produtividade de um cultivo, mais até do que a própria umidade relativa do ar. Algumas espécies desenvolveram e mantiveram, ao longo do seu melhoramento para tornarem-se plantas cultivadas, determinadas características de tolerância ao déficit hídrico, permitindo-se crescimento em locais onde a umidade artificial por meio da irrigação é algo efêmero ou impossível. Um exemplo desse tipo de planta é a mandioca (*Manihot esculenta* Cranz), que apresenta grande tolerância a déficit hídrico, proveniente de mecanismos com fechamento de estômatos durante o dia ou acúmulo de reservas na raiz, para uso nos períodos de maior escassez hídrica (ALVES, 2006).

Em investigações realizadas por Alves (2006) foi ainda identificado que o período de maior sensibilidade dessa planta a escassez hídrica fica entre 1 e 5 meses após o plantio, quando é preponderante o acesso a água, mesmo que em pequenas quantidades. O fechamento dos estômatos, estrutura foliar com alta sensibilidade às condições hídricas da planta e da atmosfera, ocorre quando o potencial hídrico da folha decresce e o déficit da pressão de vapor entre a folha e o ar aumenta, normalmente quando da redução da umidade relativa do ar (Alves, 2006). Nesse ponto observamos grande relação entre a umidade do solo, umidade da planta e umidade relativa do ar, em três pontos distintos, agindo numa sincronia perfeita, numa busca lenta, porém eficiente, pela sobrevivência desse ser vivo vegetal (mandioca) submetido ao estresse hídrico.

Parte desse comportamento das plantas, não apenas da mandioca, tem forte ligação com outra característica da qual poderemos tentar compreender e lançar mão nas análises dos diferentes ambientes e condições climáticas, o albedo, sobre o qual estaremos discorrendo alguns detalhes a seguir.

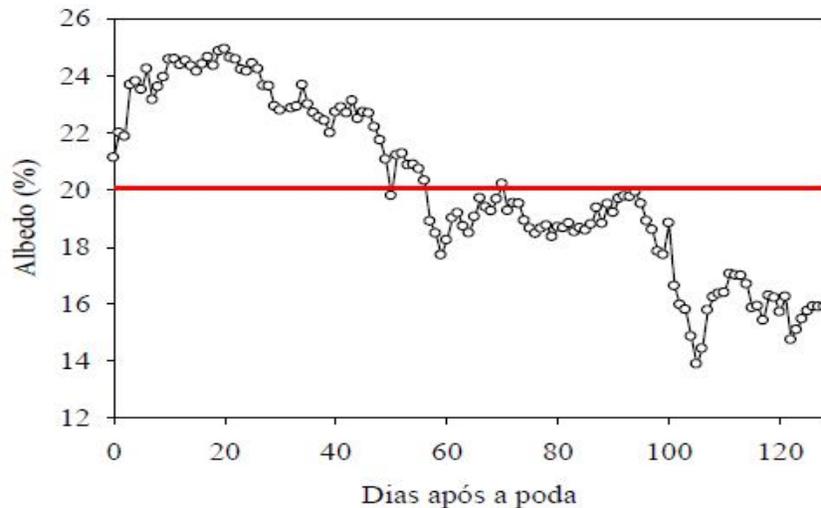
#### 4.1.3. Albedo

Albedo é o coeficiente de reflexão de uma superfície. O valor do albedo varia entre 0 (zero) e 100, de acordo com características ópticas da superfície (SCHÖFFEL e VOLPE, 2000). É o poder refletor da radiação de ondas curtas que é emitida pelo Sol. As águas, oceanos, por exemplo, têm albedo em torno de 5% e as florestas, entre 10 e 15%, enquanto que espécies cultivadas tem albedo mais elevado (aproximadamente 20%). A neve e a areia no deserto tem os maiores albedos (entre 40 e 90%). No caso das culturas, observa-se que quanto maior a cobertura vegetal da superfície menor é o albedo, podendo ocorrer essa variação em uma mesma espécie nas diversas fases do seu ciclo fenológico.

A observação atenta da Figura 37 permite compreender as relações do albedo com as propriedades ópticas da superfície, o que agrega potencial de alterações na energia disponível

aos processos físicos e fisiológicos da superfície (Rodrigues et al., 2012), partindo de uma espécie vegetal e voltando para essa e outras que estejam no mesmo local ou próximos a ela. As diversas formas de vegetação podem alterar sobremaneira o albedo e com isso o potencial de evaporação de água do solo, influenciado pela radiação solar, sofre profundas mudanças, desencadeando reações diversas na fitogeografia local e regional. Esse albedo diferencial tem dupla ação, tanto sendo influenciado pelas condições edafoclimáticas como interferindo no andamento do ambiente e condições climáticas, principalmente se considerarmos o microclima.

Figura 37. Valores médios diários de albedo da videira Syrah no Submédio Vale do São Francisco em função dos dias após a poda. Onde a linha vermelha indica o albedo médio diário durante o ciclo.



Fonte: Rodrigues et al., (2012).

A variação do albedo tem ainda mais consequências nas regiões de climas quentes, no semiárido, por exemplo, onde a radiação e a temperatura algumas vezes impedem o crescimento de plantas de cobertura que protegem o solo. A manutenção de um albedo de menores valores, seja com cobertura morta (*munch* ou serrapilheira) ou viva (cultivos intercalares), poderá favorecer enormemente a vegetação existente, seja cultivada ou mata nativa. Um solo protegido, cada vez mais vivo, e disponível para o crescimento das raízes torna-se frágil com albedo que não proporciona essa vitalidade. É fundamental, portanto, que o manejo seja adequado para que as medidas tomadas proporcionem manutenção de albedo cada vez menor, conservando maior umidade natural e diversidade de organismos que favoreçam um sistema mais saudável.

#### 4.2. RELAÇÕES SOLO-ATMOSFERA PRESENTES NA PAISAGEM

O clima é, dos cinco fatores de formação, o que mais exerce influência sobre a gênese, o comportamento e a caracterização dos solos verificados nas diversas paisagens (Figura 38). A temperatura e a umidade relativa do ar são dois dos mais importantes elementos que podem influenciar na formação do solo. Não deve-se omitir a grande responsabilidade do material de origem sobre as características atuais dos solos, porém em condições semelhantes não é de se admirar que possam coexistir solos totalmente diversos em consequência apenas das variações pluviométricas, levando aos solos apresentarem-se mais lixiviados ou pobres em fertilidade, caso sejam registrados excesso de água no mesmo (Figura 39). Em países de clima tropical são frequentes os solos com maior profundidade, muito intemperizados, lavados, bastante desenvolvidos, típicos de locais com altos índices pluviométricos e temperaturas altas. Por outro lado, em locais de temperatura alta, sem ocorrência de chuvas, ou muito frio, os

solos são normalmente pouco desenvolvidos, incipientes, rasos e em alguns casos até com o afloramento de rochas na superfície (semiárido). Essa constatação é visível quando percebe-se a delimitação de áreas para cultivos nos diferentes países, onde são localizadas os espaços para as diferentes espécies vegetais, assim como observamos a vegetação nativa nas diversas regiões, adequando-se aos diferentes sistemas climáticos existentes.

O solo ocupa um lugar de destaque na parte superficial das paisagens, visto que é composto de substâncias muitas vezes ricas para a cobertura vegetal e principalmente para o cultivo de plantas extremamente necessário à sobrevivência humana. O balanço hídrico a ser considerado em determinadas áreas de vegetação nativa ou cultivo leva em consideração a água existente no solo e na planta, trazendo destaque para a capacidade de retenção de umidade de cada tipo de solo. Antes de compreender as interfaces desse balanço hídrico citado, considerando as relações solo-atmosfera, faz-se necessário analisar as faces presentes nos diferentes tipos de solos, buscando compreender a dinâmica hídrica no solo que exerce grande influência nas atividades fisiológicas das plantas que neste solo estão desenvolvidas.

Figura 38. Fatores de formação do solo.



O balanço hídrico a ser realizado em determinadas áreas do planeta vai depender da cultura de interesse e do nível de economia de água que pretende se fazer a partir do manejo adequado do solo e possivelmente da vegetação. Cada solo favorece um excedente ou déficit hídrico em determinado período, dependendo da vegetação existente e do regime pluviométrico existente. Lucas et al. (2015), por exemplo, dimensionaram os excedentes hídricos em diferentes solos e épocas de semeadura do girassol. Tais autores constataram que a limitação do cultivo do girassol naquela região está relacionada pela ocorrência de excedentes hídricos e que isso varia conforme a época de semeadura e o tipo de solo. Cada solo responde de maneira diferente a presença de água e esses autores perceberam isso para o girassol, podendo ser verificado em diversas outras espécies cultivadas.

A observação dos diferentes tipos de solo, bem como a vegetação existente no local permite compreender cada vez mais as influências que podem ser exercidas pelo clima, em determinados espaços geográficos. A manutenção da vida no planeta depende muito das condições de clima e de solo, mesmo que no dia a dia essa influência não se faça visível. Determinados países possuem uma dieta alimentar muito mais rica do que outros dependendo dos tipos de solo existente no local. Por outro lado não se pode esquecer o que ocorre quando não se compreende o contexto climático que produz os melhores resultados em determinada região. Associando-se os dois fatores é possível inferir de forma positiva no contexto produtivo

em questão ou mesmo preservar as áreas nativas, se o clima for favorável ao desaparecimento da mesma, como no caso do semiárido seco.

Figura 39. Ilustração de exemplos de solos nas regiões áridas e tropicais.

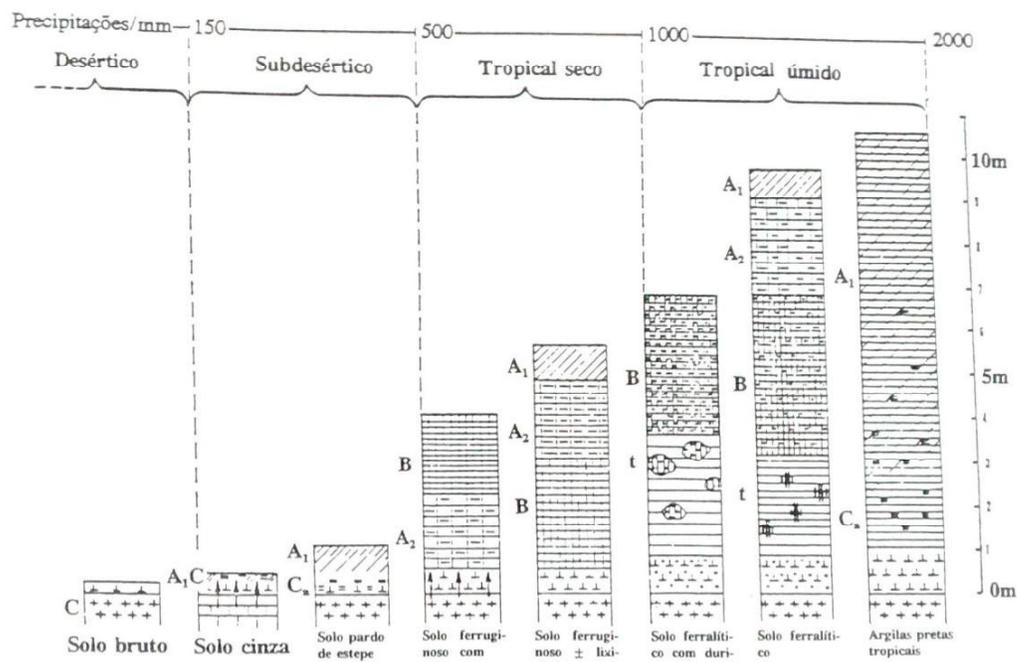


Fig. 9-16. Zonação geográfico-climática dos principais solos africanos entre as regiões áridas do Saara e as tropicais (segundo Lacoste & Salanon, 1973).

Fonte: Lacoste & Salanon (1973) In: Bigarella, 1996

#### 4.2.1 Conceito de solos

O solo é objeto de estudo de diversas geociências, tais como a Geologia, a Engenharia de Minas, a Agronomia e a Geomorfologia. Cada uma dessas ciências concebe diferentemente o solo. A Geologia e a Engenharia de Minas consideram-no como a área alterada (formações superficiais) que reveste a rocha inalterada, confundindo-o, portanto, com manto de intemperismo ou regolito. A Agronomia define-o como sendo o espaço formado por orgânicos e minerais, de elementos sólidos, líquidos e gasosos que servem para suporte e crescimento das plantas. A Geomorfologia e a Geografia concebem-no como o estágio final da decomposição do material rochoso onde se instalam os vegetais. Os pedólogos, por sua vez, mais especializados no trabalho de classificação do solo, o definem de forma mais complexa, adotando termos que são usuais na classificação do mesmo, objeto maior de trabalho desses profissionais:

##### **Com a palavra a Embrapa:**

*“O solo que classificamos é uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas.” (Embrapa, 2013)*

Do ponto de vista do agricultor, o solo é o local onde deposita as sementes para produzir suas safras (Worthen, 1949), para um ecólogo o solo é um dos componentes do sistema que o mesmo estuda, enquanto que para um químico é um laboratório onde realizam-se as reações entre as fases sólida, líquida e gasosa, já para um antropólogo o solo pode ser visto como um registro do passado. Diante das diferentes formas de conceber o solo e suas funções pode-se inferir tamanha a importância que o mesmo possui na vida da terra, principalmente na atualidade, onde são previstas as grandes interações entre as ciências.

A intensidade dos processos de decomposição do material rochoso que irá formar os solos depende fortemente das condições climáticas ambientais que reinam sobre as paisagens, tais como a umidade do ar, temperatura, o grau de aeração, condições químicas da litomassa entre outros fatores.

As paisagens apresentam, em geral, um mosaico de solos, com características que os individualizam nas unidades de paisagem analisadas anteriormente. Esse mosaico denuncia as interferências do material de origem (corpos rochosos alterados), do relevo e do clima. Esse fato impõe a necessidade de classificar os solos nos quais se instalam as formações vegetais e as plantas cultivadas, uma tarefa de expressiva complexidade e levada a efeito pelos agrônomos e pedólogos.

Existem diversas classificações para os solos, o que permite a geração da nomenclatura diversificada que é utilizada para os mesmos em todo o mundo. Os pedólogos brasileiros atualizaram várias vezes essas classificações, tornando mais prática a definição dos diferentes tipos de solos, levando em conta suas características mais visíveis e palpáveis. A última delas forneceu aos acadêmicos e profissionais das áreas relacionadas às ciências da terra um amplo e detalhado material contendo elementos suficientes para compreender plenamente a nomenclatura utilizada atualmente (Embrapa, 2013), porém percebe-se que a exímia destreza com que foi escrita essa classificação não permite muitas vezes observar a dinâmica existente nos solos, aparentemente tão estáticos para nossos dias.

Classificações anteriores dão uma visão mais ampla do solo e complementam as diversas formas de visualizar esse universo. Quanto à origem, por exemplo, os solos podem ser classificados em eluviais e aluviais (Figura 40). Os solos **eluviais** se formam por rochas encontradas no mesmo local de sua formação, ou seja, quando a rocha que se decompôs e se alterou para a formação do solo se encontra no mesmo local do solo. Por outro lado, os solos classificados como **aluviais** são formados por rochas localizadas em outros lugares e que graças à ação das águas e dos ventos os sedimentos foram transportados para outro local.

Além da origem, o próprio local de origem ou influência externa (considerado por muitos autores) exerce forte influência sobre os tipos de solos, classificando-os como zonais, azonais, intrazonais. Cada um apresenta características importantes e nem sempre apenas relacionadas apenas aos cinco consolidados fatores de formação (clima, relevo, material de origem, organismos e tempo). Nessa amplitude de apresentação, azonais, intrazonais e zonais, cada solo pode ter profundidades absolutamente independentes da rocha que lhe deu origem e requer um cuidado muito maior ao estimar práticas que levem em consideração essa importante característica. Quanto a essa influência externa ou local de origem pode-se definir alguns tipos de solos, como a seguir, muito bem explicado também por SCHAETZL e ANDERSON (2005) e JENNY (1994):

**Zonais:** formados no próprio local de origem, normalmente maduros, bem delineados e profundos. São subdivididos em Latossolos, Argissolos, Solos de pradarias e solos desérticos, como exemplos. São solos que refletem determinadas faixas de climas zonais e regionais, ficando patente a relação entre as condições climáticas e a pedogênese.

- Latossolos: em geral são solos pouco férteis, presentes em geral tanto em ambientes com climas quentes e úmidos, como frios, com profundidades superiores a 2m;

- Argissolos: também férteis, graças ao material de origem, húmus e matéria orgânica, presentes em regiões de climas frios e temperados, porém também presentes em regiões de climas quentes e secos. Possuem características peculiares, como horizonte B textural, algumas vezes confundido com movimentação de solo de outras áreas.

- Solos de pradarias: ricos em cálcio e matéria orgânica, muito férteis. Comumente presentes em regiões subúmidas de clima temperados;
- Desérticos: pouco profundos e pouco férteis. Próprio de regiões desérticas.

**Intrazonais:** são solos bem desenvolvidos, além de serem bastante influenciados pelo local e pelos fatores externos. Podem ser solos salinos e solos hidromórficos.

- Solos Salinos: conhecidos como solos halomórficos, apresentam alto índice de sais solúveis, próprios de regiões áridas e próximas ao mar. Possui uma baixa fertilidade, apesar dos altos teores de alguns sais;
- Solos hidromórficos (normalmente gleissolos): localizados próximos a rios e lagos, apresentam grande umidade. Sua fertilidade depende do índice de umidade, quanto mais úmidos, menos férteis.

**Azonais:** normalmente pouco desenvolvidos e rasos. Dividem-se em solos aluviais e litossolos, atualmente conhecidos como Neossolos pela característica de serem solos mais jovens se observarmos o processo de intemperismo isoladamente. Apresentam-se como solos formados pelo transporte de outros materiais em períodos remotos, como apresentado na Figura 38.

- Solos aluviais: presentes em áreas de formação recente em planícies úmidas. Quando os seus sedimentos são transportados, formam um solo de coloração amarela, denominado loess.
- Litossolos (Neossolos): presentes em locais com declives acentuados, costumam estar posicionados diretamente sobre a rocha formadora. São solos de baixíssima fertilidade.

Figura 40. Exemplo de solo formado por transporte. Local: Trecho da Rodovia BR 101, entre Recife-PE e João Pessoa-PB.



Foto do autor. Novembro 2014.

A classificação mencionada é apenas um exemplo de como podem ser adequadas as características de cada solo ao seu local de origem ou transporte. Na própria Figura 40 pode-se inferir que o solo presente tem perfis diferenciados e pode ser caracterizado de diversas maneiras, pelo pedólogo observador do caráter do perfil em si. Porém se observarmos de forma ampla e do lado de fora da própria trincheira certamente poderemos perceber uma situação onde a geomorfologia certamente se sobrepôs a pedologia e conferiu ao presente solo uma condição diferenciada. Esse aspecto dinâmico imposto ao ambiente desencadeou diversas modificações edáficas que podem até confundir os profissionais de classificação de solos, pois poderão deixar de considerar esse aspecto físico do espaço. O mais agravante para esse tipo de situação é que algumas tomadas de decisão levam em consideração aspectos

pontuais, incorrendo em equívocos no investimento que será ali realizado, seja na construção civil, seja numa atividade agrícola ou agropecuária.

É bastante comum imaginarmos determinado tipo de solo ocorrendo em um clima indicado. Esse aspecto sugere que a própria vegetação também adeque-se a essa condição, permanecendo estática ao longo dos anos, alheia aos outros fatores de formação. Essa forma de imaginarmos o ambiente não condiz com a realidade de cada local, onde a própria temperatura ou variação da mesma vai proporcionar uma situação favorável a uma fitogeografia, diferente de outra e diferente dela mesma ao longo do tempo. Com as variações climáticas vividas desde as eras pré-históricas, muitos exemplares de vegetais desapareceram e outros surgiram, em detrimento das condições edáficas. A temperatura do ar, por exemplo pode causar transtornos na fisiologia vegetal, porém não tão expressivas quanto a temperatura do solo, onde as raízes precisariam de um gradiente térmico adequado as funções que desenvolve, trocas de solutos, liberação de substâncias, etc.

Por outro lado, mesmo se a temperatura parecer acima do normal ou desagradável a nossa forma de vida humana, existe certa resiliência nas plantas capaz de permitir o crescimento e desenvolvimento das mesmas, independente da variação da temperatura, se a condição hídrica mínima estiver presente. Nesse caso o déficit hídrico é o que iria determinar o crescimento ou não das plantas, condição que pode ser exemplificada perfeitamente no Vale do São Francisco, onde a agricultura irrigada ocupa seu espaço, mesmo com uma temperatura média ultrapassando 27°C. Obviamente, determinados tipos de plantas têm dificuldade em desenvolver-se nessa condição, por isso lança-se mão dos grandes estudos disponíveis sobre adequação de espécies e determinados tipos de clima, os chamados zoneamentos agroclimáticos. Munidos de uma grande riqueza de detalhes sobre a cultura e a região mais adequada a receber aquela determinada espécie como cultivo econômico, os zoneamentos são instrumentos importantes utilizados até pelas agências de financiamento, na escolha das espécies a serem cultivadas em determinada área e para liberação dos recursos solicitados, no caso de financiamento bancário. É muito complicado conseguir financiamento bancário para uma cultura sem que tenha sido elaborado o zoneamento agroclimático para a mesma, porém sabe-se que as variações que podem existir ao longo do ano, poderão por em risco a atividade, como uma mudança brusca de temperatura ou mesmo uma chuva inesperada que eleve exageradamente a umidade do solo. Por isso são considerados os riscos climáticos que diferem para cada cultura, dependendo da resiliência da mesma e da capacidade de restauração da área de plantio caso ocorram algumas dessas intempéries.

Apesar de existirem todas essas características para determinar o tipo de solo e sua nomenclatura, é muito importante atentar para os aspectos relacionados acima, onde cada um pode interferir isoladamente ou em conjunto com os outros sobre o comportamento da vegetação e do próprio solo. Se não forem levados em consideração essa interação é provável que sejam tomadas decisões equivocadas, passíveis ou não de restauração.

Se reunirmos as características ou esses atributos diagnósticos em uma caracterização de área para quaisquer das finalidades é importante que sejam levadas em consideração os fatores de formação citados anteriormente. As alterações climáticas certamente podem impor reflexos nos sistemas de produção, nos diferentes tipos de solos, principalmente se não forem consideradas as variações de temperatura, umidade, relevo, etc.

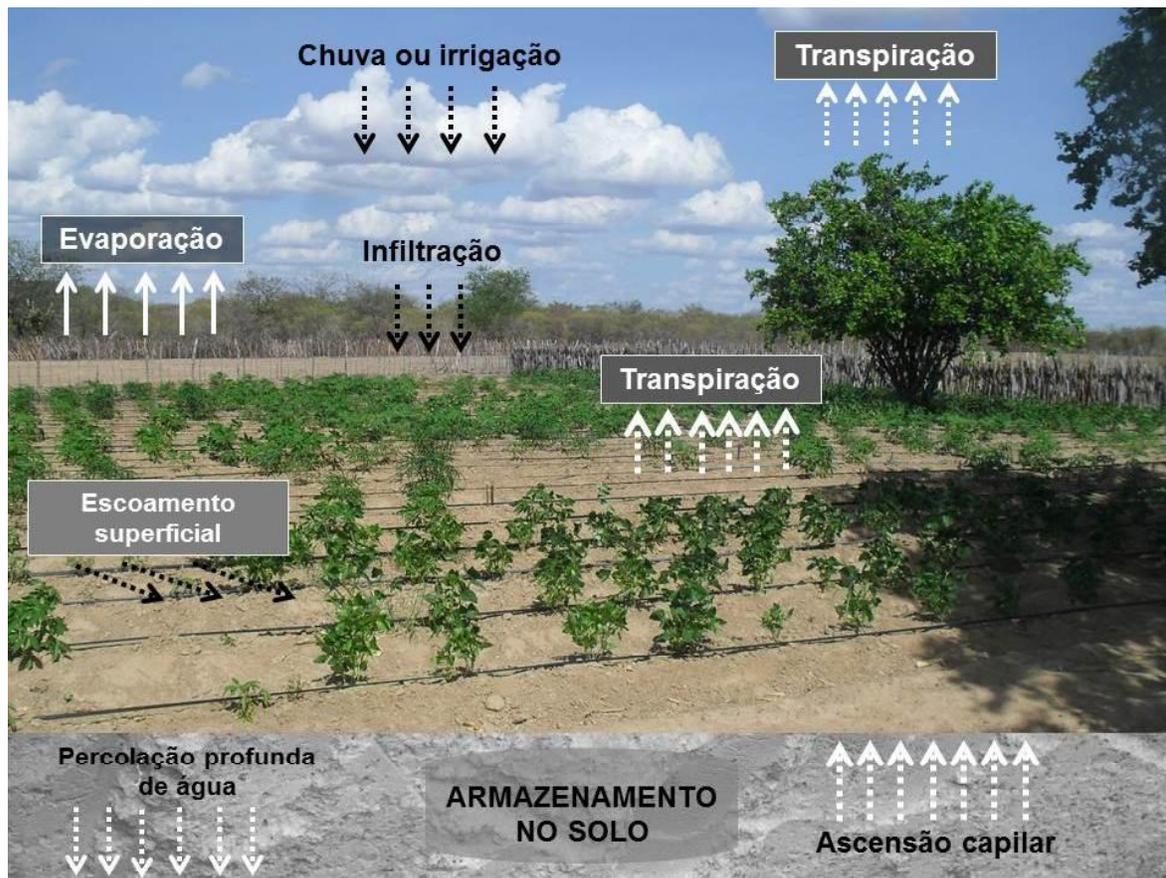
Além desses aspectos, é importante compreender que o relevo relacionado a cada tipo de solo pode apresentar fortes influências na temperatura e umidade local se for, por exemplo, numa área acidentada, onde a permanência da umidade natural do solo é quase que impossível devido a drenagem. Por outro lado, a drenagem estará intimamente ligada a textura do solo que é outra característica importante de ser levada em consideração. Um resumo dessas características está apresentado na Tabela 3 que mostra ainda as limitações e potencial de trabalho de cada um dos tipos principais de solos existentes no nordeste, citados como exemplo.

Além do conhecimento sobre características de cada um tipo de solo, a tabela abaixo alerta para a otimização dos sistemas agrícolas de produção que tem como ponto de partida a observação da principal base de qualquer atividade, seja ela voltada para o cultivo, para a

pecuária ou transformação dos produtos. Essa base está representada inevitavelmente pelos solos presentes na paisagem. A observação criteriosa desse elemento ou capital natural, de uma forma mais ampla, certamente desencadeará uma série de atitudes viáveis e sustentáveis, promovendo o uso racional do recurso e produção de bens e serviços econômica e ambientalmente viáveis e sustentáveis. Essa observação tem como objetivo o dimensionamento dos custos e dos riscos eminentes na realização das atividades com solos. Nas áreas de ciências agrárias (agricultura ou pecuária), por exemplo, o fator relevo não é tão observado, com um olhar mais criterioso, por conta da delimitação restrita do espaço de trabalho, limitando-o a pequenas parcelas agricultáveis ou com viabilidade pra criação de animais.

Pode-se afirmar que a complexidade de reações entre os elementos solo, planta e atmosfera deve-se as diferentes características que cada um desses elementos possui nas diferentes partes do globo terrestre. Na Figura 41 é possível observar a dinâmica da água no solo, na planta e na atmosfera, porém é preciso admitir que inúmeras variações nessa dinâmica são verificadas nas diferentes paisagens do globo terrestre. As variações ocorrem por conta de diversas variações na paisagem que vão desde a profundidade e textura do solo, até a espécie de vegetal que recobre o local e a época do ano em que se encontra esse sistema, dinâmico e vasto. Dai a complexidade em se estudar, caracterizar e compreender os sistemas dinâmicos das paisagens naturais.

Figura 41. Dinâmica do movimento da água no sistema solo-planta-atmosfera, em paisagens naturais.



Os Neossolos, por exemplo, normalmente muito bem drenados, de textura arenosa, apresentam maior intensidade na percolação de água em seu perfil, assim como maior ascensão capilar. O armazenamento de água, torna-se, nesse caso, muito reduzido, implicando em maior déficit hídrico nos períodos de estiagem e na necessidade de uma irrigação mais constante, no caso das áreas irrigadas. O contrário poderá ser observado nas paisagens de solos mais argilosos, como os Argissolos ou alguns Latossolos, possuidores de características físicas mais propícias a uma menor perda de água pelo sistema.

Tabela 3. Chave simplificada para principais tipos de solos do nordeste, idade e caracterização, limitações, potencial e relevo relacionado.

SOLO/ORIGEM	IDADE E CARACTERIZAÇÃO	LIMITAÇÕES E POTENCIAL	RELEVO RELACIONADO
Neossolos (antigos Litossolos, Areias quartzosas, Aluviais), Arenito, Rítmitos, Calcita (variado).	Solos jovens, constituídos por material mineral ou orgânico pouco espesso, insuficiente manifestação dos atributos diagnósticos que caracterizam os diversos processos de formação dos solos. Sem presença de horizonte diagnóstico. Alta (eutróficos) ou baixa (distróficos) saturação por bases, acidez e altos teores de alumínio e de sódio.	Distróficos e mais ácidos são mais dependentes do uso de adubação e de calagem. Arenosos apresentam restrição causada pela baixa retenção de umidade. Em relevos mais declivosos, os mais rasos apresentam fortes limitações para o uso agrícola. Áreas mais planas, eutróficos e profundos tem potencial para o uso agrícola.	Diversos relevos e ambientes climáticos, principalmente acidentados, podendo ocorrer em planos e suaves, fundo de vales, vazantes, cursos de água, normalmente arenosos, áreas aluviais. Quanto ao material de origem, variam desde sedimentos aluviais até materiais provenientes da decomposição de rochas do cristalino (pré-cambriano)
Argissolos (antigos Podzólicos), Feldspatos, biotita, piroxênios, quartzo, ilmenita (fr. areia), Caulinita, hematita, goethita, (fr. argila).	Solos intemperizados, velhos. Horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E. Distróficos e álficos apresentam baixa fertilidade natural e acidez elevada e, nos casos dos álficos a presença agravante dos altos teores de alumínio. Eutróficos são mais ricos em elementos essenciais às plantas como Ca, Mg e K.	Baixa fertilidade, acidez, teores elevados de alumínio e a suscetibilidade aos processos erosivos. Mais suscetíveis à erosão se relação textural forte presente. Se textura mais leve ou média e menor relação textural são mais porosos, possuindo boa permeabilidade, menos suscetíveis à erosão. Os eutróficos (férteis) com boas condições físicas e relevos suaves tem bom potencial para uso agrícola.	Ocorrem em diferentes condições climáticas e de material de origem. Ocorrência relacionada, em sua grande maioria, a paisagens de relevos mais acidentados e dissecados, com superfícies menos suaves. Podem existir em encostas, mas são encontrados também em áreas planas.
Cambissolos (mesmo nome)	Jovens. Pouco desenvolvidos. Ainda apresentam características do material originário (rocha). Presença de horizonte diagnóstico B incipiente (pouco desenvolvimento estrutural) apresentando baixa (distróficos) ou alta (eutróficos) saturação por bases, baixa a alta atividade da argila (SiBCS - Embrapa, 2006).	Em relevos mais declivosos, sendo rasos apresentam fortes limitações para o uso agrícola (mecanização e à alta suscetibilidade aos processos erosivos). Em áreas mais planas, os Cambissolos, principalmente os de maior fertilidade natural, argila de atividade baixa e de maior profundidade, apresentam potencial para o uso agrícola.	Relevo suave, ondulado, áreas acidentadas ou não. Variam de solos pouco profundos a profundos, sendo normalmente de baixa permeabilidade.

[Voltar ao sumário](#)

<p><b>Latossolos (predominantes no Brasil)</b></p>	<p>Solos muito intemperizados, velhos. Presença de horizonte diagnóstico latossólico e argilas com predominância de óxidos de ferro, alumínio, silício e titânio, argilas de baixa atividade (baixa CTC), fortemente ácidos e baixa saturação de bases. Baixa fertilidade (exceto os originados de rochas mais ricas em minerais), acidez e teor de alumínio elevados.</p>	<p>Limitações mais relacionadas à baixa fertilidade verificada na maioria dos latossolos e baixa retenção de umidade, quando de texturas mais grosseiras e em climas mais secos. Boas condições físicas e aos relevos mais suaves revelam alto potencial para o uso agrícola. Largamente utilizados com produção de grãos: soja, milho, arroz entre outros. Requerendo correção e adubação.</p>	<p>Estão sobre amplas e antigas superfícies de erosão: tabuleiros, chapadas, planaltos, terraços fluviais, associados normalmente a relevos planos e suave ondulados e, mais raramente, a áreas mais acidentadas. São solos de maior ocorrência no Brasil, sendo mais frequentes em regiões equatoriais e tropicais, podendo ocorrer em zonas subtropicais.</p>
<p><b>Planossolos (Esmectitas e caulinita (na fração argila)</b></p>	<p>Solos jovens. Apresentam desargilização e vigorosa da parte superficial e acumulação intensa no horizonte subsuperficial, conferindo mudança textural normalmente abrupta ou transição abrupta conjugada. Normalmente adensados devido ao acúmulo de argila em subsuperfície apresentam, por vezes, um horizonte pã (endurecido ou cimentado quando seco).</p>	<p>Permeabilidade lenta, devido ao acúmulo de argila em sua superfície; Presença de horizonte endurecido ou cimentado; textura superficial arenosa (retenção de umidade e na deficiência nutricional); presença de teores elevados de sódio. Arroz inundado.</p>	<p>Cotas baixas, Topografia Plana, encostas, pouco declivosas. Em várzeas e depressões podem apresentar-se hidromórficos. Entretanto, em zonas semiáridas, mesmo em áreas onde o solo está sujeito a um excesso d'água por curto período, principalmente sob condições de relevo suave ondulado, não chegam a ser propriamente hidromórficos.</p>
<p><b>Vertissolos</b></p>	<p>Desenvolvimento restrito. Horizonte diagnóstico vértico, entre 25 e 100 cm de profundidade, teor de argila de, no mínimo, 30% nos primeiros 20 cm, peq. variação textural ao longo do perfil (nunca caracterizando B textural). Expansão e contração, associados à alta atividade das argilas, grande capacidade de movimentação do material constitutivo do solo. Alta CTC e saturação por bases (eutróficos) elevados Ca e Mg, pH neutro para alcalino.</p>	<p>Limitações relacionadas ao uso de máquinas no período chuvoso. Estes solos muito argilosos quando muito úmidos tornam-se "pesados" restringem uso de máquinas. A baixa infiltração de água e a drenagem lenta favorecem o enchacamento destes solos. Seu potencial agrícola é decorrente da alta fertilidade. Em clima semiárido, ter cuidado com a qualidade da água de irrigação, mais especificamente com o teor de sais, risco de salinização.</p>	<p>Áreas planas a suave onduladas. Menos frequentes em áreas movimentadas. Pouco profundos a profundos, embora ocorram rasos. De imperfeitamente a mal drenados. Em ambientes de bacias sedimentares ou a partir de sedimentos com predomínio de materiais de textura fina. Distribuídos em diversos tipos de clima, dos mais úmidos aos mais secos, expressão nas bacias sedimentares na região semiárida do nordeste brasileiro.</p>

Quando nos deparamos com uma paisagem próxima ao leito de um riacho (Figura 42), a reação natural, de qualquer ser humano, é imaginar que ali encontra-se um espaço geográfico com solos ricos, de alta fertilidade, passível do desenvolvimento de uma grande sorte de atividades produtivas e econômicas ou mesmo de lazer. Mas o clima local nem sempre permitirá toda essa abertura de atividades, principalmente sendo áreas de vazantes, onde em parte do ano não se tem umidade no solo disponível para o crescimento das plantas. E essa umidade ainda pode perder-se por percolação, ascensão capilar e evaporação, como apresentado na Figura anterior, comprometendo o sistema de cultivo vigente na paisagem.

Figura 42. Área ao lado do Açude Paraguaçu, município de Petrolina-PE.



Foto: Alineaurea Florentino Silva

Nos mais diversos climas, com temperaturas baixas ou altas, podem ser formados solos diversos dos preconizados para tal situação, como os solos bem desenvolvidos que existem nas regiões semiáridas. Jamais seria compreensível que solos com tamanha profundidade, como alguns Latossolos, por exemplo, existissem em regiões onde a temperatura média anual está sempre acima dos 27° e a precipitação anual não passa dos 400mm. Essa forma de visualização instantânea do tempo e dos solos juntos não permite considerar que muitos desses solos foram formados a milhões de anos e nem sempre o clima nesse local é parecido com o de hoje (JATOBÁ, 2014). Além disso, o material de origem, os minerais existentes e microrganismos certamente interferirão nas características do solo resultante naquele local, afastando as possíveis previsões que não levarem em consideração aspectos holísticos no sistema ambiental complexo e variável como o nosso.