

Clements e o conceito de clímax

Tatiane Barbosa Martins *

Lilian Al-Chueyr Pereira Martins #

Resumo: Frederic Edward Clements (1874-1945), botânico norte-americano, deixou contribuições para a ecologia durante as quatro primeiras décadas do século XX. A ele é atribuída a proposta de conceitos como sucessão ecológica e clímax. O objetivo deste artigo é discutir sobre o percurso que levou Clements ao conceito de clímax no período compreendido entre 1904 e 1936. Além disso, esclarecer como esta contribuição foi recebida pela comunidade científica na época. Esta pesquisa levou à conclusão de que o termo clímax, ou mesmo sua conotação, não surgiram de imediato nas publicações de Clements (1904; 1905). Eles só apareceram a partir de 1916 (Clements, 1916) e estão intimamente relacionados com outras concepções suas como associação e organismo complexo, presentes em trabalhos anteriores (Clements, 1904; Clements, 1905). Clements se baseou em estudos de campo e laboratório e em contribuições de outros autores. Não detectamos mudanças significativas em relação ao conceito de clímax entre 1916 e 1936. Ocorreu apenas a adição de mais detalhes e um refinamento das explicações anteriores. Quanto à recepção por parte da comunidade científica da época, pode-se dizer que as críticas foram dirigidas principalmente à restrição do clímax a aspectos climáticos e sua relação com a ideia de organismo complexo.

Palavras-chave: História da ecologia; Frederic Edward Clements; Clímax; Organismo complexo; Ecologia dinâmica

Clements and the concept of clímax

* Laboratório de História e Teoria da Biologia (LHTB) (FFCLRP/USP). E-mail: tati-anbarbosa.m@gmail.com

Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Departamento de Biologia, Pesquisadora do Grupo de História e Teoria da Biologia (GHTB), Laboratório de História e Teoria da Biologia (LHTB). Avenida Bandeirantes, 3900, CEP: 14040-901, Ribeirão Preto, São Paulo. E-mail: lacpm@ffclrp.usp.br

Abstract: The American botanist Frederic Edward Clements (1874-1945), left contributions to ecology during the first four decades of the 20th century. He proposed concepts such as ecological succession and climax. The present paper aims to discuss the path that led Clements to the concept of climax between 1904 and 1936. Besides that, to clarify how the scientific community received this contribution at the time. This research led to the conclusion that the term climax, or even its connotation, did not appear immediately in Clements' publications (1904; 1905). They have only appeared in 1916 (Clements, 1916) and are closely related to other Clements' concepts such as association and complex organism, present in his previous works (Clements, 1904; Clements, 1905). Clements' started from inquiries on vegetation as well as laboratory work. We did not detect any significant changes concerning the concept of climax between 1916 and 1936. There was only the addition of more details and refinement of the previous explanations. The scientific community of the time mainly criticized the restriction of the climax to climatic aspects and the idea of a complex organism used in a non metaphorical way.

Key-words: History of ecology; Frederic Edward Clements; Climax; Complex organism; Dynamic ecology

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a ecologia¹ é uma subárea da biologia estabelecida e que possui várias vertentes². No entanto, do ponto de vista histórico, pode ser considerada uma ciência recente. Embora a proposta do

¹ Nos dias de hoje a ciência ecológica é bastante complexa, diferentemente da época estudada neste artigo. Recorre à química, física, geologia, biologia molecular e biologia para explicar determinados fenômenos. Preocupa-se principalmente com os grupos de organismos, interações entre eles e seus respectivos meios e complexos formados por componentes físicos, químicos e biológicos que constituem os ecossistemas (Keller & Golley, 2000, pp. 9-10).

² Segundo Pascal Acot, uma das vertentes que originaram a ecologia foi a botânica quando o enfoque descritivo voltado para o reconhecimento e classificação dos vegetais adotado no século XVIII, começou a se modificar após as contribuições trazidas pelos naturalistas viajantes como por exemplo, Alexander von Humboldt (1769-1859) (Acot, 1990, p. 13). Mas antes disso, Karl L. Wildenow (1792) em *Princípios da botânica* relacionou fatores físicos, localidade e habitação das plantas (Prestes, 2000, p. 64). Essa mudança de enfoque está presente na obra de Humboldt e Bonpland, *Essai sur la géographie des plantes* (ver a respeito em Arêdes, 2001). Humboldt e Bonpland utilizaram medições de altitude, temperatura e pressão do ar, preocupando-se com a determinação dos fatores físicos (Prestes, 2000, p. 65).

termo “ecologia”³, tenha ocorrido na segunda metade do século XIX, o desenvolvimento dessa área de estudos se deu seguindo diferentes caminhos, em épocas diferentes, países diferentes no decorrer do século XX. Assim, entre a proposta do termo ecologia e sua institucionalização, há um longo percurso marcado por diversas contribuições (Martins, 2020, p. 10).

Neste artigo⁴ trataremos das contribuições de um dos atores no cenário da institucionalização da ecologia, o botânico norte-americano Frederic Edward Clements (1874-1945). Abordaremos particularmente o conceito de clímax. O período considerado vai de 1904 a 1936. Para isso, selecionamos quatro trabalhos que consideramos relevantes em relação ao assunto tratado (Clements, 1904; 1905; 1916; 1936). Procuraremos esclarecer em que evidências ele se baseou, se houve mudanças em seu pensamento no tocante ao assunto e como suas ideias foram recebidas pela comunidade científica da época.

Iniciaremos com uma breve apresentação de Clements ao leitor. A seguir, descreveremos suas concepções nas obras selecionadas em que ele apresenta conceitos relacionados ao clímax ou o próprio conceito de clímax e como sua proposta foi recebida. Finalizaremos com algumas considerações sobre o assunto.

2 CLEMENTS: CARREIRA E INTERESSES PROFISSIONAIS

Natural de Lincoln (Nebraska), uma região de pradarias, Clements (fig. 1) estudou na Universidade de Nebraska, onde se graduou em 1894 e se doutorou quatro anos depois⁵. Nessa instituição, foi aluno

³ O termo “ecologia” (“oecologie”) foi cunhado por Ernst Haeckel (1834-1919) em sua obra *Generelle Morphologie der Organismen* (1866). Segundo Haeckel, ecologia é “a ciência cujo objetivo é o estudo da natureza e dos aspectos existentes nas relações entre os organismos e o meio ambiente”. (Haeckel, 1866, p. 8).

⁴ Este artigo se baseia principalmente na pesquisa desenvolvida na dissertação de mestrado da primeira autora, Tatiane Barbosa Martins (2020).

⁵ Em sua tese de doutorado, Clements estudou a fitogeografia de Nebraska. Ele se propôs a analisar a estrutura e evolução das comunidades vegetais.

do botânico Charles E. Bessey⁶ (1845-1915). Bessey introduziu métodos e técnicas de combate às pragas na agricultura e se destacou por suas aulas e trabalho em laboratório. (Pool, 1915, pp. 507-508).

Na Universidade de Nebraska, Clements atuou como assistente de laboratório e depois docente. Ele e sua esposa Edith, botânica e ilustradora⁷, durante suas férias em *Pikes Peak*, Colorado, consideraram a possibilidade de criar um laboratório experimental de ecologia. A ideia se concretizou com a criação de *Laboratório Alpino* cujo objetivo era conduzir experimentos em diferentes climas e altitudes, aos quais o casal se dedicou durante as quatro décadas seguintes. (Oberg, 2019, p. 10; Martins, 2020, p. 19). Em 1907 assumiu o cargo de professor e chefe do Departamento de Botânica na Universidade de Minnesota.

No início da década de 1910, com o apoio do *British Committee of Vegetation* (“Comitê Botânico de Vegetação”), o botânico britânico Arthur George Tansley (1871-1955), organizou a primeira “Excursão fitogeográfica internacional” (fig. 2). Esta reuniu Clements e Henry Chandler Cowles (1869-1939) dos Estados Unidos, além de cientistas britânicos, alemães e suíços. No ano seguinte, o *British Committee of Vegetation* criou uma sociedade, a *British Ecological Society* (BES) (McIntosh, 2000, p. 46). Esses foram passos importantes para a institucionalização da ecologia.

⁶ Charles Bessey, educador do *Iowa State Agricultural College*, foi transferido para a Universidade de Nebraska em 1894. Ele contribuiu para o desenvolvimento de um programa de pesquisa focado no estudo da vegetação de Nebraska. (Kingsland, 2005, p. 17).

⁷ Clements e Edith escreveram vários trabalhos juntos incluindo *Rocky Mountain flowers* (1914) e *Family families and ancestors* (1928) em que trataram das flores encontradas nas Montanhas Rochosas. Na resenha crítica de Clements & Clements, 1914, Charles Bessey comentou: “Turistas nas Montanhas Rochosas esperaram bastante por um livro como este, and we hazard the guess the it will be eagerly accepted por eles como um manual que permitirá que eles reconheçam e nomeiem as flores que encontrarem nas altas planícies e nos canyons” (Bessey, 1914, p. 910).

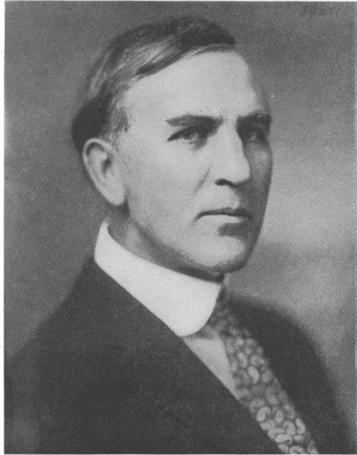


Fig. 1. Frederic Edward Clements. **Fonte:** WHITE, James T.; DERBY, George (Eds.). *The National Cyclopædia of American Biography*. New York: J. T. White & Company. Vol 34. p. 265, 1948.



Fig. 2: Arthur Tansley e Frederic Clements na *International Phytogeographic Excursion* nas Ilhas Britânicas em 1911. **Fonte:** TRUDGILL, Stephen. Tansley, AG 1935: The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Progress in Physical Geography*, **31**: (5), 517-522, 2007.

A *Ecological Society of America* (ESA) passou a funcionar em 1915. Nessa época, o Laboratório do Deserto em Tucson, mantido pela *Carnegie Institution* estava no auge como centro de pesquisa. (Kingsland, 2005, p. 125). Daniel T. MacDougal (1865-1958) recomendou que *Plant Succession* (“Sucessão de plantas”) de Clements, fosse publicado pela Instituição pois talvez isso contribuisse para a nomeação de Clements como Assistente de Pesquisa do *Carnegie Institution*. (Clements, E., 1960, p. 65).

Desde 1917 até o final de sua vida, Clements atuou como pesquisador associado da *Carnegie Institution* de Washington. Clements e sua esposa Edith, passaram então a morar em Tucson, Arizona, sem deixar de trabalhar nos verões em *Pikes Peak*.

Quando Clements começou a supervisionar outro laboratório, o *Coastal Laboratory* da *Carnegie Institution*, em 1925, o casal se mudou para Santa Bárbara, Califórnia. Seu objetivo era trabalhar com uma nova linha de pesquisa, a taxonomia experimental⁸.

Na década de 1930, Clements enfrentou um grande desafio. Logo após a Grande Depressão, o país foi afetado por violentas tempestades de poeira e extrema seca (fig. 3). No início do *Dust Bowl*⁹, o governo norte-americano procurou sua ajuda e conhecimento para salvar as pradarias. Clements orientou o Serviço Florestal dos EUA e o Serviço de Erosão do Solo (mais tarde renomeado Serviço de Conservação do Solo) em iniciativas para proteger a terra, o que lhe rendeu a “eterna gratidão de uma geração de cientistas do solo, fazendeiros da área e silvicultores.” (Oberg, 2019, p. 7).

⁸ Essa linha utilizava métodos ecológicos e experimentos com transplantes para investigar os processos evolutivos e aprimorar a classificação das plantas.

⁹ *Dust Bowl*: Foi um período de severas tempestades de poeira que atingiram as pradarias americanas no início da década de 1930. Após anos de cultivo excessivo e má gestão fundiária na década de 1920, a região sofreu uma seca severa no início da década de 1930 que durou vários anos. A erosão causada pelo vento foi impedida graças ao auxílio do governo federal. Foram plantadas árvores para servirem de quebra-vento e protegerem o solo e as plantações, e muito das pradarias foram restauradas. No começo da década de 40 a área estava amplamente recuperada. (Disponível em: <<https://www.britannica.com/place/Dust-Bowl>>. Acesso: Acesso em: 10 Jan. 2020)

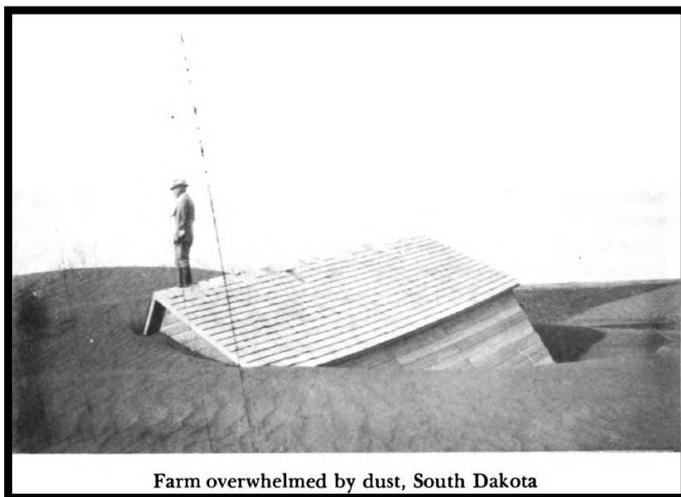


Fig. 3. Frederic Clements em uma das regiões afetadas pelo *Dust Bowl*.
Fonte: CLEMENTS, Edith S. *Adventures in ecology: half a million miles: from mud to Macadam*. New York: Pageant Press. Inc., 1960. p. 232

Durante sua carreira, Clements reuniu em torno de si vários colaboradores e parceiros, dentre eles, alguns alunos de Nebraska como John Weaver e Frances Louise Long, que o acompanhou a Minnesota e na *Carnegie Institution*. Deixou publicações em coautoria com Ralph W. Chaney, Victor Shelford e Homer Shantz. Teve como seguidores John Phillips e Emmett V. Martin (Oberg, 2019, p. 5). Mas, também interagiu com outros colegas como os norte-americanos Henry C. Cowles (1869-1939) e Henry A. Gleason (1882-1975), o botânico inglês Arthur George Tansley (1871-1955) e o pesquisador florestal sul-africano John F. V. Phillips (1899-1987).

Pode-se dizer que durante todos esses anos, apesar de problemas de saúde, incluindo o diabetes, agravados nos últimos anos de sua vida (Clements, E., 1960, p. 226; Bonta, 1995, p. 162), Clements deixou várias publicações individuais ou em coautoria. Estas estavam relacionadas aos assuntos a que se dedicou como taxonomia dos fungos, *Genera*

of fungi (1909) e estudos ecológicos como *Plant Ecology* (1929) em coautoria com J. E. Weaver, por exemplo, além daquelas que abordamos neste artigo.

Pode-se dizer que o nome de Clements está relacionado ao movimento que visava promover a transformação da botânica nos Estados Unidos no final da década de 1890. Este movimento se caracterizou por priorizar as aplicações práticas da ciência e pelo desejo de independência da ciência europeia (Kingsland, 2005, p. 3).

3 CLEMENTS E A VEGETAÇÃO

Desde a época de estudante, no final da década de 1890, Clements manifestou interesse em elucidar “a filogenia¹⁰, estrutura e classificação da vegetação¹¹” (Clements, 1904, p. 5). Nesse sentido, ele investigou a formação de pastagens e florestas de Nebraska e a vegetação das Montanhas Rochosas, no Colorado. A partir de 1905, passou a considerar de modo sistemático algumas concepções relacionadas à vegetação que já eram conhecidas, mas também outras menos conhecidas e estudadas como a sucessão, sobre as quais discutiremos nessa seção.

A “vegetação”, era para Clements, uma entidade com fenômenos peculiares. Estava sujeita a mudanças que seguiam determinados princípios básicos. Em suas palavras:

Esta concepção ficará mais clara se considerarmos a vegetação como uma entidade. Sua estrutura está sujeita a mudanças que estão de acordo com certos princípios basais. Na maioria das vezes [...] as funções e estruturas da planta correspondem a leis definidas. Mas, os fenômenos fundamentais das plantas como indivíduos e das plantas unidas no complexo da vegetação correspondem a diferentes conceitos. (Clements, 1904, p. 5)

¹⁰ O termo “filogenia” foi introduzido por Haeckel em 1866. Vale lembrar que a conotação atribuída ao termo e filogenia é diferente da que conhecemos hoje. A árvore evolutiva baseada em filogenia que Haeckel criou era baseada nas descobertas da época, esse dividia em três grandes grupos: Plantas, Protistas e Animalia.

¹¹ Para Clements, as zonas de vegetação são constituídas a partir das diferenças de temperatura, água e luminosidade. (Clements, 1904, p 153).

Apesar de ser dotada de um dinamismo, a vegetação tendia a tornar-se estática. Entre os fenômenos essenciais a ela relacionados estavam associação, invasão, sucessão¹², zonação e alternância. (Clements, 1904, p. 6). A associação representa “o estágio que a vegetação atingiu pelas mudanças cumulativas do passado. Invasão e sucessão “são forças dinâmicas que atuam modificando os fatos presentes da associação. Iniciam-se devido a fatores físicos e são aprimoradas pela interação de fatores físicos e biológicos”. (*ibid*). Zonação e alternância, “são fenômenos estáticos, característicos do revestimento vegetativo”. (Clements, 1904, p. 7). Ele assim definiu a associação¹³:

Um agrupamento de plantas, de progenitores e progenitoras, que é iniciado pela reprodução e imobilidade, e determinado pelo ambiente. É uma resultante de diferenças e semelhanças. Em consequência, a associação em sua maior expressão, a vegetação, é essencialmente heterogênea, enquanto naquelas áreas que possuem delimitação física ou biológica, habitats e centros de vegetação, é relativamente homogênea. (Clements, 1904, p 11)

Ciente das dificuldades para determinar o histórico da sucessão e de relacioná-la à distribuição geográfica das plantas, Clements considerava que ela estava sujeita a uma série de invasões. Porém, era importante distinguir sucessão de invasão, pois nem toda invasão produz sucessão. (Clements, 1904, p 105). Ele também se referiu à sucessão geológica. Em relação às causas da sucessão, ele explicou:

As principais causas da sucessão são invasão e reação, mas suas causas iniciais devem ser buscadas nos distúrbios físicos ou biológicos de um habitat ou formação. Com referência à causa inicial, podemos distinguir a sucessão normal, que começa com a nudação, e termina em estabilização e sucessão anômala, na qual as fácies de um estágio final de uma sucessão normal são substituídas por outras espécies, ou nas quais a direção de movimento é radicalmente alterada. O primeiro é de ocor-

¹² A respeito da sucessão em Clements, ver por exemplo, (Nunes, Cavassan & Brando, 2013).

¹³ Dependendo do fator físico dominante poderia haver vários tipos de associação relacionados ao substrato, ao solo (ocupação), à migração, à luz e ao teor de água. (Clements, 1904, p. 14).

rência e recorrência universal; o último atua sobre relativamente poucas formações finais. Na origem da sucessão normal, a nudação pode ser provocada pela produção de novos solos ou habitats, ou pela destruição da formação que já ocupa um habitat (Clements, 1904, p 105).

Em relação à sucessão, Clements acrescentou o termo “ecese” explicando que a ecese consistia em três processos essenciais: germinação, crescimento e reprodução (1904, p 32) que são termos utilizados para se referir a organismos vivos, os vegetais. Ele apontou alguns impeditivos da invasão: as barreiras físicas¹⁴ ou biológicas¹⁵ (Clements, 1904, p. 57).

Preocupado em conferir maior precisão aos estudos da sucessão, Clements sugeriu uma análise quantitativa dos fatores físicos presentes nos estágios iniciais, e das reações que ocorriam nas etapas subsequentes utilizando instrumentos adequados (Clements, 1904, p. 139). Ele explicou:

Essa investigação deve ser feita por instrumentos automáticos de umidade, luz, temperatura e vento, para que um registro contínuo possa ser obtido. O teor de água e as leituras de precipitação são tomadas diariamente ou com menor frequência, enquanto as propriedades do solo e os fatores fisiográficos, altitude, declividade, superfície e exposição são determinadas de uma vez por todas. É igualmente necessário determinar o desenvolvimento e a estrutura de cada estágio, com referência particular às formações adjacentes, ao estágio que acaba de ser precedido e ao que se segue. (Clements, 1904, pp. 139-140)

Segundo Clements, a “alternação” é um fenômeno da vegetação, no qual “uma formação ocorre em diferentes lugares em uma região, ou uma espécie como pontos separados em uma formação” (Clements, 1904, p 163). Envolve a alternância de diferentes espécies ou formações entre si e a alternância da mesma espécie ou formação em situações semelhantes. (Clements, 1904, p 171). A alternação pode fornecer dados para o estudo da fitogeografia. (Clements, 1904, p 174).

Nessa época, Clements (1904) se preocupou em explicar o que entendia por vegetação. Referiu-se a vários termos que já tinham sido

¹⁴ Oceanos, rios, montanhas, desertos.

¹⁵ Vegetação, parasitas de plantas, homem e animais.

mencionados por outros autores, procurando discuti-los com maior profundidade. Além disso, introduziu outros. Dentre eles, destacam-se associação, invasão, migração, ecese, barreira, sucessão, alternância, por exemplo. Porém, não utilizou o termo “clímax” e nem se referiu à sua conotação.

4 A PROPOSTA DE UM GUIA PARA OS ESTUDOS ECOLÓGICOS

Um ano após a publicação do trabalho discutido na seção anterior (Clements, 1904), Clements reuniu as informações relacionadas à pesquisa vinha desenvolvendo nos oito últimos anos, particularmente sobre a formação da vegetação nas Montanhas Rochosas (Clements, 1905). Esta publicação pode ser vista como um manual para pesquisadores e estudantes de ecologia com a proposta de uma nova linha de pesquisa e tentativa em estabelecer as bases para a pesquisa ecológica.

No ver de Clements, a tarefa da ecologia consiste em “descobrir o que a planta e a formação viva estavam fazendo e suas respostas a complexos fatores e habitats”. Ele enfatizou que o ecólogo deveria “antes de tudo ser um botânico e não um mero catalogador de plantas” (Clements, 1905, p 6), o que se caracteriza como uma crítica explícita à tradição botânica descritiva. Além disso, o ecólogo deveria passar por um treinamento que o colocaria a par da utilização de métodos especiais para a pesquisa ecológica.

O ponto de partida para os estudos ecológicos deveria ser a relação entre o habitat e a planta e a diferenciação entre os diferentes habitats. Ele assim definiu habitat:

O habitat é a somatória de todas as forças ou fatores presentes em uma determinada área. É o equivalente exato do meio ambiente [...]. Como conceito ecológico, o habitat se refere a uma área com características bem definidas, e mais nitidamente limitada em extensão do que o habitat de espécies como indicado nos manuais. Como o estudo cuidadoso dos habitats mal começou, é impossível reconhecê-los e delimitá-los em um sentido absoluto. Os limites topográficos visíveis geralmente existem, mas em muitos casos o limite, embora real, não é percebido prontamente. (Clements, 1905, p 18)

O habitat está relacionado aos seguintes fatores: teor de água, umidade, luz, temperatura, solo, vento, precipitação, pressão, altitude, exposição, declividade, superfície (cobertura) e animais. Explicou que embora nem todos esses fatores estejam sempre presentes, de um modo geral, são encontrados em cada habitat. (Clements, 1905, p 18). Para esse estudo sistematizado, Clements enfatizou que era necessário utilizar instrumentos que propiciassem informações precisas e de uma metodologia para os estudos ecológicos. Em suas palavras:

O emprego de instrumentos de precisão é claramente indispensável para a tarefa que definimos para a ecologia, e todo estudante que pretenda se aprofundar no assunto, e contribuir de modo significativo, deve se familiarizar com métodos e instrumentos. (Clements, 1905, p. 20)

Para o estudo do habitat, além da utilização de instrumentos¹⁶ apropriados, Clements propôs dois métodos (Martins & Martins, 2019). O primeiro (método de instrumentos simples) havia sido planejado especialmente para o trabalho em sala de aula, podendo ser usado somente quando um número de alunos treinados estivesse disponível. Os instrumentos com padrão de precisão deveriam ser lidos pelo observador no momento. Sua desvantagem era exigir um observador para cada instrumento. O segundo método utilizava instrumentos automáticos o que permitia que o pesquisador trabalhasse em habitats diferentes (Clements, 1905, p. 22).

Além de habitat, Clements (1905) empregou outros termos e como sociedade¹⁷, comunidade, família e *consociés*¹⁸. Retomou alguns termos que havia utilizado antes como associação, invasão, migração, ecese, barreira, sucessão e alternância (Clements, 1904) bem como sua conotação. Também insistiu que, para o estudo experimental da formação

¹⁶ Dentre os vários instrumentos utilizados por Clements em suas investigações, podemos mencionar o *geotome*, a balança portátil, o psicômetro, o fotômetro, o medidor de chuva e o barômetro aneróide.

¹⁷ De acordo com Clements, o termo “sociedade” foi adotado por Arthur George Tansley em 1911 e outros ecólogos americanos que também empregavam o termo “comunidade”. (Clements, 1916, pp. 125-126).

¹⁸ Atualmente é um termo pouco utilizado. Foi proposto em substituição ao termo associação.

como um “organismo complexo”, era necessária uma metodologia própria não bastando apenas a observação (Clements, 1905, p. 306).

De acordo com Clements, ao estudar o processo de formação, o pesquisador deveria levar em conta tanto o desenvolvimento como a estrutura da vegetação (Clements, 1905, p.199). Em suas palavras:

A formação das plantas é uma unidade orgânica. Ela exhibe atividades ou mudanças que resultam em desenvolvimento, estrutura e reprodução. Essas mudanças são progressivas, ou periódicas e, em algum grau, rítmicas, e não pode haver objeção a considerá-las como funções da vegetação. Segundo esse ponto de vista, a formação é um organismo complexo, que possui funções e estrutura, e passa por um ciclo de desenvolvimento semelhante ao da planta. Este conceito pode parecer estranho a princípio, devido ao fato de que o entendimento comum de função e estrutura é baseado apenas na planta individual. Como a formação, como a planta, está sujeita a mudanças causadas pelo habitat, e como essas mudanças são registradas em sua estrutura, é evidente que os termos, função e estrutura são tão aplicáveis a um quanto ao outro. (Clements, 1905, p. 199)

Na citação acima aparece a ideia da formação como um organismo complexo, mais tarde desenvolvida nos outros trabalhos de Clements.

Embora estejam presentes nesse trabalho vários termos que podem ser relacionados ao clímax, não há nenhuma referência ao termo clímax e nem à sua conotação.

5 SUCESSÃO ECOLÓGICA E CLÍMAX

Após ter realizado os estudos anteriores (Clements, 1904; Clements, 1905) e de ter feito testes na vegetação que se estende das grandes planícies da costa do Pacífico e das Montanhas Rochosas canadenses à fronteira mexicana de 1913 a 1914, Clements chegou à conclusão que suas concepções originais tinham aplicação universal (Clements, 1916, Prefácio).

Clements explicou o que entendia por sucessão. Em suas palavras: “Sucessão é o processo universal de desenvolvimento da formação que se repete sempre que surgirem condições adequadas”. (Clements, 1916, p. 3).

De modo análogo ao processo de formação de um organismo, a vegetação surge, cresce, amadurece e morre, sendo capaz de se reproduzir, repetindo fielmente os estágios de seu desenvolvimento. (Clements, 1916, p. 3). Em suas palavras: “Sucessão é o crescimento ou desenvolvimento e a reprodução de um organismo complexo”. (Clements, 1916, pp. 3-4).

Novamente aparece a ideia de organismo complexo que passa por um processo de desenvolvimento como um organismo vivo.

Porém, para o entendimento desse processo em sua totalidade era necessário conhecer o panorama em que se dá. Em primeiro lugar, era preciso levar em conta as forças que atuam no início da sucessão e as reações que a mantêm (processos ou funções responsáveis que caracterizam o desenvolvimento e as estruturas, comunidades, zonas, alternâncias e camadas resultantes). As principais características da sucessão são: a oscilação das populações e as ondas de invasão no habitat, desde o estágio inicial até o clímax. (Clements, 1916, pp. 3-4).

Ao tratar da sucessão Clements introduziu uma nova terminologia. Por exemplo, utilizou o termo “sere” para se referir a uma unidade de sucessão. Ele explicou que o sere “compreende o desenvolvimento de uma formação desde surgimento dos primeiros pioneiros até o estágio final ou clímax. Seu curso normal é da nudação à estabilização.” (Clements, 1916, p. 4).

Foi nesse momento que Clements introduziu o termo “clímax” como estágio final da sucessão ou sere. Ele explicou que uma sucessão de unidades ou sere pode ocorrer duas ou mais vezes no mesmo local. Um exemplo disso seriam as queimadas na floresta. (Clements, 1916, p. 4). E acrescentou um novo termo (“cosere” ou “consere”) na explicação que se segue:

Uma série de sucessões de unidades, i. e., de seres, no mesmo local constitui uma entidade orgânica. Para isso, é proposto o termo consere ou cosere, em reconhecimento ao vínculo de desenvolvimento de dois seres individuais. Assim, enquanto o sere é a unidade de desenvolvimento e é puramente ontogenética, o cosere é a soma de tais unidades ao longo de toda a história de vida da formação do clímax e, portanto, é filogenético em algum grau. (Clements, 1916, p. 4)

O clímax envolve vários processos ou funções essenciais, devendo progredir de um estágio para outro e, finalmente, terminar no mais alto estágio possível, sob as condições climáticas presentes e sendo analisada em iniciação, seleção, continuação e terminação. Clements destacou as funções da vegetação e seus processos básicos que ocorrem seguindo esta ordem: nudação, migração, ecese, competição, reação, estabilização. (Clements, 1916, p. 4).

Clements concluiu que não poderia haver uma única causa para uma determinada sere já que a sucessão envolve uma série de processos complexos (Clements, 1916, p. 4). O desenvolvimento da sucessão dependeria mais da natureza do clímax climático do que de qualquer outra coisa, pois isso “determinava a população do começo ao fim, a direção do desenvolvimento, o número e o tipo de etapas, as reações dos estágios sucessivos, etc.” (Clements, 1916, p. 5). Clements explicou:

As causas iniciais são aquelas que produzem um solo novo ou desnudo, passível de invasão. Tais são os principais processos fisiográficos, deposição e erosão, fatores bióticos como homem e animais, e forças climáticas em algum grau. As causas da ecese são aquelas que produzem o caráter essencial do desenvolvimento vegetacional, ou seja, as sucessivas ondas de invasão que levam a um clímax final. Eles têm a ver com a interação entre população e habitat, e são diretivas no mais alto grau. Os principais processos envolvidos são invasão e reação. O primeiro inclui três processos intimamente relacionados, migração, competição e ecese. [...] (Clements, 1916, p. 5)

Segundo Clements, durante a formação do clímax, é geralmente produzido um número maior de áreas de desenvolvimento. A fisiografia depende do clima que, por sua vez, é determinado por aspectos como barreiras de montanhas ou correntes oceânicas. Assim, a fisiografia pode ser considerada a causa inicial imediata da maioria das sucessões primárias (Clements, 1916, pp. 5-6).

A sucessão é determinada pela interação de três fatores (habitat, formas de vida e espécies). Clements deu mais detalhes sobre a sucessão:

A sucessão deve então ser considerada como o desenvolvimento ou a história da vida da formação do clímax. É o processo orgânico básico

da vegetação, que resulta na forma adulta ou final desse organismo complexo. (Clements, 1916, p 6)

Para Clements, todas as etapas que precedem o clímax são fases de crescimento. Além disso, assim como a planta adulta repete seu desenvolvimento, isto é, se reproduz, sempre que as condições o permitirem, a formação do clímax também se repete. (Clements, 1916, p 6). A chave para o desenvolvimento, tanto no indivíduo quanto na comunidade, é a ação, já que a sucessão é predominantemente um processo cujo progresso é expresso em certas estruturas ou estágios iniciais e intermediários, e por fim registrado na estrutura da formação do clímax. (Clements, 1916, p 7).

As seres surgem apenas em áreas descobertas ou naquelas em que a população original foi destruída. Clements ainda acrescentou:

Há uma lei universal que todos os lugares vazios dão origem a novas comunidades, exceto aquelas que apresentam as condições mais extremas de água, temperatura, umidade ou solo. (Clements, 1916, p 33)

As causas que determinam o desenvolvimento da vegetação são: fisiográficas¹⁹, climáticas, edáficas e bióticas. (Clements, 1916, p 36).

Clements deu mais detalhes sobre o desenvolvimento do clímax atuando na vegetação. Para Clements (1916, p 98), a invasão progressiva, típica da sucessão, resulta em estabilização. Clements explicou no que consistia a estabilização:

É o resultado de uma maior ocupação devido à agregação e migração e do controle resultante do habitat pela população. Em outras palavras, a estabilização é o aumento do domínio, culminando em um clímax estável. É a interação mútua e progressiva do habitat e da comunidade, pela qual condições extremas resultam em condições climáticas ótimas e formas de vida com menos requisitos são substituídas por aquelas que fazem as maiores demandas, pelo menos em conjunto. A estabilização é tão universal e característica que pode muito bem ser vista como sinônimo de sucessão. Tem a vantagem de sugerir o estágio adulto final do desenvolvimento, enquanto a sucessão enfatiza o movimento mais marcante dos próprios estágios. (Clements, 1916, p 98)

E acrescentou:

¹⁹ Clements considerava a fisiografia e topografia sinônimos.

O fim do processo de estabilização é um clímax. Cada estágio da sucessão desempenha algum papel na redução da condição extrema em que o sere começou. Reage para produzir crescentemente melhores condições de crescimento, ou pelo menos condições favoráveis ao crescimento de uma gama mais ampla de espécies. (Clements, 1916, p. 98)

Mais para a frente ele explicou:

A formação do clímax é o organismo adulto, a comunidade plenamente desenvolvida, da qual todos os estágios iniciais e mediais são apenas estágios de desenvolvimento. A sucessão é o processo de reprodução de uma formação, e este processo reprodutivo não pode deixar de terminar na forma adulta na vegetação do que no caso da planta individual. (Clements, 1916, pp. 124-125)

De acordo com Clements, já que não há um padrão em relação ao período de duração do clímax, só é possível reconhecer todo o processo após um exame minucioso. Nesse sentido, ele sugeriu:

O teste de desenvolvimento se faz especialmente necessário nos estágios do clímax, i. e., aqueles em que os dominantes pertencem às mesmas formas de vida que o clímax dominante. Não é meramente indispensável traçar e refazer o curso da sucessão em uma determinada localidade. É também imperativo acompanhar o desenvolvimento em todas as partes da região climática onde ocorram dominantes similares àquele que supostamente seria o clímax. Não há campo na ecologia onde seja tão necessário empregar métodos intensivos e extensivos para garantir resultados permanentes. A razão para isso é óbvia quando é plenamente reconhecido que a formação do clímax é a chave para todo o desenvolvimento e estrutura na vegetação. (Clements, 1916, p. 105)

Clements elaborou a classificação das sucessões baseando-se no desenvolvimento, causas, área inicial e clímax (Clements, 1936, p. 175). Em suas palavras:

A natureza do clímax como condição final da vegetação de uma região climática durante um período climático torna inevitável o seu uso como base principal para a classificação dos seres existentes. O uso do clímax depende necessariamente de seu reconhecimento, e isso é motivo de alguma dificuldade no estado atual de nosso conhecimento.

Nem a climatologia nem a ecologia chegaram a um ponto em que o clímax climático possa ser delimitado com precisão. De fato, a climatologia é obviamente de importância secundária nessa conexão. Embora seja talvez mais fácil estudar o clima do que a vegetação, é somente este último que possibilita o reconhecimento de um clima específico no que diz respeito às plantas. Em outras palavras, um clímax deve ser determinado por seu caráter de desenvolvimento e estrutural, como acontece com qualquer unidade biológica. Isso é verdade, apesar do fato de que o companheiro é a causa de um clímax, ou pelo menos a força no controle dele. (Clements, 1916, p. 177)

Sobre a sucessão durante o passado geológico, ele comentou:

A operação de sucessão é essencialmente a mesma durante o passado geológico de hoje: pela natureza de suas formas de vegetação, o registro lida amplamente com os estágios finais de tais sucessões. É evidente que a sucessão geológica é apenas uma maior expressão do mesmo fenômeno, lidando com períodos de tempo infinitamente maiores, e produzidos por mudanças físicas de intensidade que dê a cada estágio geológico sua marca peculiar. Se, no entanto, o registro geológico fosse suficientemente completo, deveríamos descobrir inquestionavelmente que essas grandes sucessões representam apenas os terminais estáveis de muitas séries de mudanças menores, como as encontradas em toda a vegetação recente ou existente. (Clements, 1916, p. 279)

Clements propôs denominar o estudo da vegetação passada como “paleoecologia” ou “paleocologia”, pois este campo tem a mesma relação com a paleobotânica e “compreende a resposta das plantas e comunidades antigas a seus habitats”. (Clements, 1916, p. 279). Ele comentou:

Como consequência, a paleoecologia é um campo não especializado no qual as inter-relações de clima, topografia, vegetação, animais e homem desempenham o papel primordial. A ênfase no presente tratamento necessariamente se voltará para a vegetação, porque é um efeito do clima e da topografia, e uma causa em relação ao mundo animal, e, portanto, serve como a pedra angular no arco de causa e efeito. Como resultado, a paleoecologia é aqui considerada como compreendendo a sequência completa de clima, topografia, vegetação e fauna. (Clements, 1916, p. 280)

Além de utilizar a terminologia apresentada anteriormente (Clements, 1904; Clements, 1905), Clements discutiu bastante sobre a sucessão, apresentando novos termos a ela relacionados como “sere” e “clímax”. Abordou as causas, os fatores e processos envolvidos na sucessão, bem como a sucessão geológica.

Clements não apenas introduziu o termo “clímax”, mas o definiu como o “estágio final da sucessão ou sere” ou “o fim do processo de estabilização” ou o organismo adulto. Discutiu sobre as causas, processos, fatores e período de duração do clímax.

6 CLÍMAX: NATUREZA E ESTRUTURA

Vinte anos após a publicação de Clements (1916), ele apresentou suas ideias de forma mais concisa e objetiva (Clements, 1936). Nele discutiu sobre a natureza e estrutura do clímax. Apresentou o clímax “como um organismo complexo, único, conectado ao clima” e principal unidade de vegetação, mantendo a posição de que a relação entre clima e clímax era a mais importante. Em suas palavras: “O termo é invariavelmente empregado com referência apenas à comunidade climática, ou seja, à formação ou às suas principais divisões”. (Clements, 1936, p. 253).

Reafirmou que Ragnar Hult²⁰, em 1885, já havia sugerido a ideia de um clímax no desenvolvimento da vegetação e que essa ideia foi sendo desenvolvida de modo independente por vários pesquisadores no começo do século XX, inclusive por ele próprio. (Clements, 1936, p. 253).

Clements comentou que no início, se havia pensado em incluir os animais como membros do clímax, e que se propôs utilizar o termo “bioma” para enfatizar os papéis mútuos de plantas e animais. (Clements, 1936, p. 254). Porém, depois percebeu-se que as relações primárias dos animais com o habitat ou com a natureza eram diferentes já que que as plantas são produtoras e animais são consumidores. Além disso, as plantas constituem a matriz fixa do bioma em conexão direta

²⁰ Clements mencionou em seus trabalhos os estudos de Ragnar Hult (1857-1899), botânico finlandês. Hult, na década de 1880, admitia que a maioria das formações consistia apenas em estágios transitórios.

com o clima, e os animais mantêm uma relação dupla, tanto com as plantas quanto com o clima. (Clements, 1936, p. 254).

Ele esclareceu que a unidade do clímax “não é meramente a resposta a um clima específico, mas é ao mesmo tempo a expressão e o indicador disso” (Clements, 1936, p. 254). Comentou que nos estudos sobre estabilização e mudança se faz necessário empregar uma medida aceitável de tempo, sugerindo milênios, em vez de eras, e acrescentou que não há dúvidas de que os clímaxes evoluíram, migraram e desapareceram sob a ação de grandes mudanças climáticas ao longo do tempo. Ele explicou:

A estabilização é a tendência universal de toda a vegetação sob o clima dominante, e que os clímaxes são caracterizados por um alto grau de estabilidade, quando calculados em milhares ou mesmo milhões de anos. (Clements, 1936, p. 256)

Os clímaxes podem exibir mudanças superficiais com a estação, ano ou ciclo, mas com pouca modificação, conforme Clements. As mudanças não deixam nenhuma marca permanente. São superficiais, transitórias ou periódicas, enquanto as mudanças da sucessão são parte intrínseca do processo de estabilização. O homem é o único que pode destruir a estabilidade do clímax durante o longo período de controle pelo seu clima. (Clements, 1936, p. 256).

No que diz respeito à origem e às relações, Clements manteve as ideias apresentadas anteriormente (Clements, 1916), porém acrescentando mais detalhes como por exemplo:

Cada clímax não apenas tem seu próprio crescimento e desenvolvimento em termos de sucessão primária e secundária, mas também evoluiu a partir de um clímax anterior. Em outras palavras, possui uma ontogenia e filogenia que pode ser estudada quantitativa e experimentalmente, da mesma forma que os indivíduos e espécies de plantas e animais (Clements, 1936, p. 257)

Clements explicou que o principal teste para determinar a unidade de formação consistia na presença de espécies dominantes em todas ou quase todas associações (Clements, 1936, p. 258). Um bom exemplo seriam as pradarias e tundras.

Ele considerava que o trabalho desenvolvido sobre a vegetação da América do Norte nas duas últimas décadas e a adoção de sua caracterização de clímax por parte de diversos pesquisadores provenientes de várias partes do mundo corroboravam a completude e precisão de sua proposta anterior (Clements, 1916, p. 261). Ele assim se expressou:

A unidade de vegetação, a formação clímax, é uma entidade orgânica. Como organismo, a formação surge, cresce, amadurece e morre. Sua resposta ao habitat é mostrada em processos ou funções e em estruturas que são tão bem registradas quanto. Além disso, cada formação clímax é capaz de se reproduzir, repetindo com fidelidade essencial os estágios de seu desenvolvimento. A história de vida de uma formação é um processo complexo, porém definido, comparável em suas principais características às características da vida. A formação clímax é o organismo adulto, do qual todos os estágios inicial e médio são apenas estágios de desenvolvimento. Uma formação, em resumo, é o estágio final do desenvolvimento da vegetação em uma unidade climática. (Clements, 1936, p. 261)

Conforme a ideia de que o desenvolvimento termina normalmente na comunidade capaz de manter-se sob um determinado clima, exceto quando uma perturbação surge, existe apenas um tipo de clímax, a saber, aquele controlado pelo clima.

Para Clements, embora exista apenas uma comunidade clímax em uma região climática ou geográfica, pode haver diferenças topográficas e diferentes tipos de solo que formam outras comunidades na mesma zona. Logo, Clements enfatizou que eles são de uma ordem diferente do clímax. (Clements, 1936, p. 261). Clements sugeriu então o termo “proclímax” e explicou:

Como termo geral, proclímax inclui todas as comunidades que simulam o clímax até certo ponto em termos de estabilidade ou permanência, mas sem o reconhecimento adequado do clima existente. [...] O proclímax pode ser definido como qualquer comunidade mais ou menos permanente que se assemelha ao clímax em um ou mais aspectos, mas gradualmente substituível por este último quando o controle do clima não é inibido por perturbações. Além de sua função geral, pode ser usado como sinônimo de qualquer uma de suas divisões, bem como em casos de dúvida pendentes de investigação adicional, como

no clímax da água. Os quatro tipos a serem considerados são sub-clímax, disclímax, pré-clímax e pós-clímax. (Clements, 1936, p. 262)

Ou seja, subclímax, disclímax, pré-clímax e pós-clímax são chamados de proclímaxes e podem ser definidos como comunidades relativamente estáveis que se assemelham ao clímax. Eles são substituídos pelo clímax quando as perturbações não substituem mais os efeitos do clima.

O subclímax representa o estágio seral da sucessão imediatamente anterior ao clímax. O disclímax representa comunidades resultantes de distúrbios causados pelo homem ou outros animais. O pré-clímax antecede as mudanças climáticas que reduzem a quantidade do teor de água do solo, cessando o desenvolvimento antes de atingir o clímax propriamente dito. O pós-clímax indica o que acontecerá se uma mudança do clima resultar em aumento do teor de água, enfatizando assim a reação normal na sere. Ele continua o desenvolvimento substituindo o clímax. (Clements, 1936, pp. 263-265).

Clements indicou quatro tipos de unidades clímax: associação²¹, consociação²², sociedade²³ e clã²⁴. (Clements, 1936, p. 272).

7 A REAÇÃO DA COMUNIDADE CIENTÍFICA

Como mencionamos no início do presente artigo, Clements deixou contribuições durante o período de institucionalização da ecologia. Em períodos como esse é comum a convivência de diversos termos e conceitos até que a comunidade científica, chegue a um acordo em torno de alguns deles e os adote. Assim, é normal que houvesse divergências

²¹ A associação resultaria da interação das espécies que ocorrem em um determinado habitat. O número de associações de uma formação específica é naturalmente determinado pelo número de diferenças primárias do bioma ou formação, e estas, por sua vez, dependem da presença de organismos dominantes.

²² Cada comunidade na associação é dominada por apenas uma única espécie. Cada uma dessas comunidades, com uma única espécie dominante, é conhecida como consociação. Assim, em uma associação, pode haver muitas consociações, cada uma com uma única espécie dominante.

²³ Comunidade caracterizada por uma ou mais espécies subdominantes. Em áreas com predominância de consociação muitas outras espécies são encontradas crescendo em abundância. Podemos pensar na sociedade como um domínio dentro do domínio.

²⁴ Pequena comunidade de menor importância, mas geralmente de caráter distinto.

tanto em relação à terminologia quanto aos conceitos utilizados pelos diversos autores.

Como vimos nas seções anteriores, o conceito de clímax estava relacionado a outras concepções de Clements como sucessão ecológica e organismo complexo, por exemplo.

Nos Estados Unidos, Cowles que havia estudado a sucessão ecológica de plantas nas dunas ao sul do Lago Michigan, considerava que, de um modo geral, a abordagem do termo clímax por Clements estava de acordo com sua própria interpretação do desenvolvimento das etapas envolvidas na sucessão. De modo análogo, ele concordava com a ideia de um clímax climático. Porém, manifestou sua discordância no tocante ao direcionamento da sucessão admitido por Clements. Ao contrário de Clements, que considerava apenas o direcionamento progressivo da sucessão, Cowles considerava também o direcionamento regressivo da sucessão (Cowles, 1919, pp. 477-478). Contudo, Cowles não relacionava o clímax a um organismo complexo.

William S. Cooper (1884-1978), que havia sido orientando de Cowles, com base em suas investigações sobre a dinâmica da floresta (Cooper, 1913), considerou a existência de um equilíbrio (McIntosh (2000, p. 84). Para Cooper uma unidade de vegetação não era um organismo. Poderia sê-lo eventualmente num sentido figurado, apenas como um meio para entender os processos da natureza. A seu ver, quaisquer conclusões deveriam se basear em evidências, sem recorrer a argumentos baseados na “analogia pura”. O paralelo entre vegetação e organismo poderia ser permitido; mas não como fundamento de um sistema (Cooper, 1926, pp. 400-401). Para Cooper, “o clímax é uma das grandes correntes de fluxo lento da corrente trançada, formado pela fusão de muitos fluxos” e ocorre quando todos os fatores, sejam eles climáticos, fisiográficos ou reacionais, estão produzindo uma grande quantidade de mudanças. (Cooper, 1926, p. 407). Porém, para Cooper, excluindo a concepção de organismo complexo, o tratado de Clements, era o que apresentava uma melhor fundamentação em relação ao que se tinha na época (Cooper, 1926, p. 410).

Glendon, que se dedicava ao estudo das relações dos aspectos florísticos com aspectos ecológicos da vegetação, rejeitou a ideia de monoclímax de Clements. Ele não aceitou que houvesse uma tendência

irreversível que conduzisse ao clímax. Por outro lado, seus estudos de campo o levaram a repudiar o conceito organismo complexo de Clements (Young, 2011, p. 763). Ele propôs o conceito individualista da associação de plantas. Para ele, as comunidades de plantas não apresentavam as propriedades características de organismos integrados. Ele criticou também a utilização dos termos organismo complexo e clímax. A seu ver, a analogia feita por Clements era exagerada (Crawley, 1997, pp. 476-478; Fernandez e Caldeira, 2013, pp. 453-454).

Forrest Shreve (1878- 1950), contemporâneo de Clements no Laboratório do Deserto da *Carnegie Institution* de Washington, considerava a independência de cada espécie na distribuição da vegetação. Assim, também admitia o conceito individualista de espécie, provavelmente antes de Gleason (McIntosh, 1983, p. 110). Ele negava a existência do clímax (McIntosh, 2000, p. 83; Martins, 2020, p. 56).

Em relação aos colegas de Clements fora dos Estados Unidos, podemos mencionar o botânico britânico Tansley. O interesse de Tansley pela ecologia aumentou a partir de 1907. Ele estudou a vegetação de diversas regiões da Grã-Bretanha como Norfolk, por exemplo. Visitou também os Estados Unidos, incluindo as montanhas em Santa Catalina. Preocupou-se com o que estava ocorrendo nesse país ao observar que a vegetação (florestas e pradarias) que estava sendo substituída por plantações de trigo e fábricas (Kingsland, 2005, p. 129; Kato & Martins, 2016, p. 192).

Segundo Laura J. Cameron, inicialmente, Tansley apoiou a abordagem de Clements em relação à sucessão, que considerava a formação de plantas como um "organismo complexo" que se desenvolvia progressivamente em direção a um único sentido, o "clímax climático". Entretanto, com o passar do tempo, Tansley foi manifestando cada vez mais desconforto com a escolha da terminologia de Clements (Cameron, 2008, p. 4). Além de considerá-la mal escolhida, criticou a posição de Clements de que o "organismo complexo" era um meio legítimo de caracterizar a comunidade e não uma metáfora (Kato & Martins, 2016, p. 195).

Diferentemente de Clements, no início da década de 1920, Tansley colocou em dúvida se a vegetação poderia ser considerada como uma entidade natural ou um organismo. Em suas palavras:

É óbvio que ela [a vegetação] não é um organismo no sentido amplo que aplicamos o termo a um animal ou planta individual, pois as unidades que a compõem são indivíduos separados e que, na maioria das vezes, embora não o sejam em todos os casos, têm o poder de existir independentemente de outros indivíduos. [...] Uma comunidade humana, como uma comunidade vegetal, consiste em indivíduos separados com poderes independentes de existência, crescimento e reprodução. Mas, juntos, esses indivíduos formam um novo todo, uma unidade de ordem superior, com sua própria estrutura e funções dependendo das interrelações definidas dos indivíduos que a compõem. (Tansley, 1920, p. 123)

Devido a essas razões, Tansley preferiu se referir às comunidades humanas (vilarejos, vilas, cidades) como um “quase-organismo”. (Tansley, 1920, pp. 123-124) fazendo uma analogia com a formação ou sucessão de plantas. Ele criticou também a restrição do clímax a apenas aspectos climáticos. A seu ver, Clements deveria também ter levado em conta outros fatores além do clima, como os edáficos ou topográficos (Tansley, 1920, p. 141; Martins, p. 67). As críticas de Tansley também se estendiam às subdivisões do clímax em “pré-clímax climático” e “sub-clímax estabilizado”. Ele não as considerou adequadas como base para a classificação, alegando que “envolvem interpretação especulativa e se afastam dos critérios de maturidade e estabilidade” (Tansley, 1920, p. 147).

Apesar de não ignorar a importância do clímax, Tansley negava que todos os climaxes fossem climáticos (Martins, 2020, p. 67).

Após uma década e meia, ao propor o conceito de ecossistema, Tansley (1935) criticou a obsessão de Clements e de Phillips em relação ao “organismo complexo”:

Se alguns de meus comentários forem contundentes e provocativos, tenho certeza de que meu velho amigo, Dr. Clements, e meu mais novo amigo, Professor Phillips, me perdoarão. [...] Gostaria de expressar minha convicção de que o Dr. Clements nos apresentou uma teoria da vegetação que proporcionou uma base indispensável para o trabalho moderno mais frutífero. No entanto, nunca concordei com algumas partes dessa teoria e de sua expressão. Quando ela atinge seu limite lógico e talvez além, como pelo professor Phillips, a revolta se torna irreprimível. (Tansley, 1935, p. 285)

E continuou:

Em 1920, indaguei se poderíamos reconhecer essas entidades na vegetação e analisei todo o assunto detalhadamente e cuidadosamente. Que eu saiba, a análise não foi seriamente criticada ou impugnada, e posso me permitir pensar que ela é válida, embora várias opiniões divergentes não apoiadas por argumentos tenham sido expressas desde então. Resumidamente, concluí que comunidades de plantas maduras e bem integradas (que identifiquei com associações de plantas) tinham o caráter suficiente de organismos para serem consideradas quase-organismos, da mesma maneira que as sociedades humanas são habitualmente consideradas. Embora as comunidades vegetais não sejam e não possam ser tão altamente integradas como as sociedades humanas e ainda menos do que certas comunidades animais, como cupins, formigas e abelhas sociais, a comparação com um organismo não é apenas uma analogia frouxa, mas é firmemente baseada, pelo menos no caso das comunidades mais complexas e altamente integradas. [...] Mas essa posição está longe de satisfazer a Clements e Phillips. Para eles, a comunidade vegetal (ou atualmente a "comunidade biótica") é um organismo, e aquele que não acredita que se afaste da verdadeira fé. (Tansley, 1935, pp. 289-290)

Apesar das restrições em maior ou menor escala ao clímax climático e organismo complexo, todos esses autores, inclusive Tansley, valorizavam as contribuições de Clements para a ecologia, como se pode perceber nas palavras de Tansley: "O Dr. Clements nos deu uma teoria da vegetação que formou uma base indispensável para o trabalho moderno mais frutífero". (Tansley, 1935, p. 285).

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As concepções ecológicas de Clements foram resultado de seus estudos desenvolvidos durante várias décadas, desde o final do século XIX. Também são reflexões de trabalhos anteriores de outros autores aos quais ele se referiu em suas publicações. Inicialmente, ele estudou as formações de pastagens e florestas de Nebraska e a vegetação das Montanhas Rochosas do Colorado. Entre 1913 e 1914, Clements fez testes por toda a vegetação da metade ocidental do continente: toda área que se estende das Grandes Planícies à costa do Pacífico e das Montanhas Rochosas canadenses à fronteira mexicana.

Nos trabalhos iniciais (Clements, 1904; Clements, 1905) que analisamos neste artigo não aparece o termo “clímax” ou mesmo a conotação posteriormente atribuída a ele. Tanto o termo como sua conotação só vão estar presentes mais tarde (Clements, 1916; Clements, 1936) sendo discutidos com mais detalhes no último trabalho (Clements, 1936).

Inicialmente Clements (1904) procurou explicar o que entendia por vegetação, utilizando vários termos e conceitos a ela relacionados como associação, invasão, migração, alternância, sucessão, por exemplo. A seguir, os retomou e enfatizou a necessidade de uma metodologia e instrumentos para os estudos ecológicos considerando a formação como um organismo complexo (Clements, 1905).

Anos mais tarde, introduziu o termo clímax, relacionando-o ao estágio final da sucessão (Clements, 1916), discutindo sobre suas causas, fatores e processos. Clements, considerou a formação como organismo complexo dotado de desenvolvimento e estrutura característicos “em harmonia com um habitat em particular”. A seu ver, esta era a única “visão completa e adequada da vegetação”. (Clements, 1916, Prefácio). Além disso, a formação e habitat consistiam nas duas fases essenciais do desenvolvimento que “termina em um clímax controlado pelo clima”, ou seja, um clímax climático.

Uma discussão detalhada sobre a natureza do clímax abordando unidade; estabilização e mudança; origem e relação, enfatizando a necessidade de testes objetivos aparece em Clements (1936). Ele introduziu vários termos e conceitos relacionados às várias subdivisões do clímax.

Nas publicações em que aparece o termo clímax e sua conotação (Clements, 1916; Clements, 1936), não se detectou modificações significativas, mas a adição de mais detalhes que conferiam uma maior clareza. Anos mais tarde o próprio Clements comentou: “A caracterização do clímax como dada em *Sucessão vegetal*, em 1916, ainda parece ser completa e precisa”. (Clements, 1936, p. 261).

Esta pesquisa mostrou que ideias não nascem prontas, estando relacionadas a outras ideias, tanto do próprio autor como de outros autores. Resultam também da investigação desenvolvida. Essas ideias podem ter modificações maiores ou menores ao longo do tempo. Como

vimos aqui, houve apenas um refinamento e expansão do conceito de clímax, mas não mudanças significativas.

Outro aspecto que merece ser considerado é a recepção das ideias de um cientista. Este processo não é simples, ainda mais em um período de institucionalização de uma ciência em que convivem várias propostas diferentes. Nesse contexto, o conceito de organismo complexo foi rejeitado por Cowles, Gleason e outros que preferiram a concepção individualista, além de Schreve e Cooper. Tansley, por sua vez, criticou a expressão “organismo complexo” bem como à sua conotação, considerando-a inadequada, de difícil entendimento, o que trazia mais problemas que soluções. Essas críticas também se aplicavam ao fato de Clements não empregar a expressão em um sentido metafórico, mas considerá-la uma forma procedente de caracterizar a comunidade.

As discordâncias desses autores se estendiam também às concepções de Clements relacionadas ao clímax. Com exceção de Cowles, que admitia o clímax climático, os outros autores mencionados tinham restrições em maior ou menor escala. Por exemplo, Shreve rejeitou a ideia de clímax como um todo. Gleason não admitia a existência de um monoclímax. Whittaker criticou o excesso de tipos de clímax presentes na literatura que causavam confusão e não admitiu a ideia de Clements de um clímax climático ou monoclímax (Martins, 2020, p. 60).

Durante um certo período, as ideias de Clements tiveram uma boa aceitação por parte da comunidade científica da época. Pode-se dizer que no início do século XX, as ideias de Clements tiveram uma maior aceitação do que as ideias de Gleason, embora muitos ecólogos da época as considerassem como dois extremos (Young, 2011, p. 763).

As contribuições de Clements continuaram sendo relevantes para a ecologia mesmo quando começaram a ser questionadas por outros ecólogos da época. Talvez isso se deva também ao esforço de Clements em dar uma base empírica para os estudos ecológicos com a utilização de instrumentos e experimentos.

Por outro lado, Clements que participou do início da institucionalização de uma nova ciência preocupou-se em oferecer uma fundamentação empírica, indo além da observação, procurando atender às expectativas da concepção de ciência aceita na época.

AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão da bolsa de mestrado que viabilizou esta pesquisa. Processo: 130184/2018-7

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOT, Pascal. *História da ecologia*. Trad. Carlota Gomes. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1990.
- ARÊDES, Marília Nunes. *Humboldt e a geografia das plantas*. Dissertação (Mestrado em História da ciência) – Programa de Estudos Pós-Graduados em História da Ciência, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. São Paulo, 2001.
- BESSEY, Charles E. Rocky Mountain flowers by Frederick Edward Clements and Edith Schwartz Clements. [Reviewed works]. *Science*, **39** (1016): 909-910, 1914.
- BONTA, Marcia (Ed.). *American women afield: writings by pioneer-ring women naturalists*. Pp: 161-170. Texas: Texas A&M University Press, 1995.
- CAMERON, Laura J. Tansley, Arthur George. Pp. 3-10. *in*. KOERTGE, Noretta (Ed). *New Dictionary of Scientific biography*. Vol. 7, Detroit: Charles Scribner's Sons, 2008.
- CLEMENTS, Edith. S. *Adventures in ecology: half a million miles: from mud to Macadam*. New York: Pageant Press Inc., 1960.
- CLEMENTS, Frederic E. The development and structure of vegetation. Studies in the vegetation of the State. *Reports of Botanic Survey of Nebraska*, 7: 2-175, 1904.
- CLEMENTS, Frederic E. *Research methods in ecology*. Lincoln: University of Nebraska Press, 1905.
- CLEMENTS, Frederic E. *Plant succession: an analysis of the development of vegetation*. Washington: Carnegie Institution of Washington, 1916.
- CLEMENTS, Frederic E. Nature and structure of the climax. *Journal of Ecology*, 24: 252-284, 1936.
- CLEMENTS, Frederic. E.; CLEMENTS, Edith. S. *Rocky mountain flowers*. New York: H. W. Wilson Company, 1914.
- COOPER, William S. The fundamentals of vegetational change. *Ecology*, 7: (4), 391-413, 1926.

- COWLES, Henry C. Review: Plant Succession. *Botanical Gazette*, **68**: (6), 477-478, 1919.
- CRAWLEY, Michael J. *Plant ecology*. 2nd ed. Oxford: Blackwell, 1997.
- FERNANDEZ, Fernanda da Rocha Brandão; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. As fases iniciais da ecologia: as contribuições de Henry Allan Gleason. *Filosofia e História da Biologia*, **8**: 453-473, 2013.
- HAECKEL, Ernst. *Generelle Morphologie der Organismen: Bd. Allgemeine Anatomie der Organismen*. Vol. 1. Berlin: Georg Reimer, 1866.
- KATO, Danilo Seithi; MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. A “sociologia de plantas”: Arthur George Tansley e o conceito de ecossistema (1935). *Filosofia e História da Biologia*, **11**: 189-202, 2016.
- KELLER, David R.; GOLLEY, Frank B. (Eds.). *The philosophy of ecology*. Athens/London: University of Georgia Press, 2000.
- KINGSLAND, Sharon. *The evolution of American ecology*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2005.
- MARTINS, Tatiane Barbosa. *Contribuições de Frederic Edward Clements para a ecologia: o desenvolvimento do conceito de clímax (1904-1936)*. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. 2020.
- <<https://doi.org/10.11606/D.59.2020.tde-09062020-183657>>
- MARTINS, Tatiane Barbosa; MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. Clements e os instrumentos na ecologia: construção e uso. Pp: 182-185. In: MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira; BRANDO, Fernanda da Rocha; BRITO, Ana Paula de Oliveira Pereira Morais (eds.). *Encontro de História e Filosofia da Biologia 2019: Caderno de resumos*. Ribeirão Preto: Associação Brasileira de História e Filosofia da Biologia (ABFhiB), 2019.
- MCINTOSH, Robert P. *The background of ecology: concept and theory*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- NUNES, Patricia da Silva; CAVASSAN, Osmar; BRANDO, Fernanda da Rocha. Frederic Clements e o conceito de sucessão ecológica. *Filosofia e História da Biologia*, **8**: 617-626, 2013.
- OBBERG, Jon H., *Founders of Plant Ecology: Frederic and Edith Clements* (Lincoln, NE: UNL Digital Commons, 2019). 21p. Disponível

- em: <<https://digitalcommons.unl.edu/unsmaffil>>. Acesso em: 10 Jan. 2020.
- POOL, Raymond J. A brief sketch of the life and work of Charles Edwin Bessey. *American Journal of Botany*, **2** (10): 505-518, 1915.
- PRESTES, Maria Elice Brzezinski. *A investigação da natureza no Brasil colônia*. São Paulo: Anna Blume/Fapesp, 2000.
- TANSLEY, Arthur G. The Classification of Vegetation and the Concept of Development. *Journal of Ecology*, **8**: (2), 118-149, 1920.
- TANSLEY, Arthur G. The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology*, **16**: (3), 284-307, 1935.
- WHITE, James Terry; DERBY, George (Eds.). *The National Cyclopaedia of American Biography*. Pp. 266-267. New York: J. T. White & Company. Vol 34, 1948.
- YOUNG, Gerald L. Henry A. Gleason (1882-1975) Pp. 762-764. in: BLANCHFIELD, Deirdre S.; (Ed). *Environmental encyclopedia*. vol. 1, 4th ed., Farmington Hills: Gale, Cengage Learning, 2011.

Data de submissão: 14/09/2020

Aprovado para publicação: 23/11/2020