



MODELAGEM DA DINÂMICA DO BANCO DE SEMENTES E ESTABELECIMENTO DE PLANTAS INVASORAS: ALTERNATIVAS PARA O CONTROLE E MANEJO DESSAS ESPÉCIES.

S. S. Oliveira¹

A. R. M. Guimarães²; G. F. Marques¹; Q. S. Garcia³

1-Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Departamento de Engenharia de Produção Civil, Av. Amazonas, 7675, Nova Gameleira, 30510 - 000, Belo Horizonte, MG, Brasil.

2-Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Coordenação de Ciências, Av. Amazonas, 5253, Nova Suíça, 30480 - 000, Belo Horizonte, MG, Brasil.

3-Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Botânica, Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, 31270 - 090, Belo Horizonte, MG, Brasil. Tel. 55 31 33197104-andreamg@deii.cefetmg.br

INTRODUÇÃO

Dinâmica populacional é o estudo dos fatores e mecanismos que causam mudanças no número e na densidade das populações no tempo e no espaço (Odum & Barrett, 2007). Os fatores e mecanismos capazes de alterar o número de indivíduos são relacionados ao clima, predadores, parasitas, falta de nutrientes, intervenção humana, entre outros. Para formular regras gerais sobre a estrutura de uma população, são utilizados modelos gráficos ou matemáticos. Estes modelos podem agrupar em poucos parâmetros, propriedades comuns importantes, possibilitando a representação de sistemas reais de forma simplificada, porém considerando os processos e fatores mais relevantes (Begon *et al.*, 007).

O estudo dos bancos de sementes permite construir modelos de estabelecimento e dinâmica populacional e assim escolher o melhor método para controle (Martins & Silva, 1994). A maneira mais simples de estudar um banco de sementes é através do monitoramento de um componente da população durante várias estações a fim de determinar as tendências e taxas de alterações (Fernández - Quintanilla, 1988). Estes modelos dependem da identificação dos parâmetros que caracterizam a dinâmica do banco, bem como sua variação frente a fatores ambientais como umidade, temperatura e incidência de luz.

Um dos processos mais importantes na dinâmica do banco de sementes é a germinação. O banco de sementes é a reserva de sementes viáveis no solo tanto na superfície como em profundidade. A germinação destas sementes irá recompor perda de indivíduos como plântulas que forem predadas, corte de árvores, alteração de clima que pode provocar a morte de plantas e ataque de parasitas. Johnson & Anderson (1986) estimam que a quantidade de sementes presentes no solo pode variar de 2.000 até 70.000 sementes por

m². O banco está envolvido em pelo menos quatro processos: estabelecimento de populações e de grupos ecológicos, manutenção da diversidade e restauração da riqueza de espécies (Harper, 1977; Garwood, 1989). A germinação é um processo fisiológico complexo em resposta a sinais ambientais incluindo temperatura, potencial hídrico, luz, nitratos, e outros fatores (Bewley & Black, 1994; Baskin & Baskin, 1998). É conhecido desde 1860, que três temperaturas (mínima, ótima e máxima) definem a faixa de temperatura nas quais as sementes de uma determinada espécie conseguem germinar (Bewley & Black, 1994). A faixa de temperatura entre a mínima e a máxima é sensível ao *status* da dormência das sementes, muitas vezes é mais restrita em sementes dormentes e se estende quando há quebra da dormência (Vegis, 1964). Modelos matemáticos que descrevem os padrões de germinação em resposta à temperatura vêm sido desenvolvidos para estudar o comportamento de várias espécies daninhas (Garcia - Huidobro, *et al.*, 982; Covell *et al.*, 1986; Ellis & Butcher, 1988; Grundy, *et al.*, 000; Steinmaus, *et al.*, 000; Vleeshouwers & Kropff, 2000; Batlla & Benech - Arnold, 2003) e outras plantas de interesse agrônômico (Alvorado & Bradford, 2005), para obter o melhor desempenho e maior lucratividade.

A regeneração natural de florestas é, muitas vezes, lenta e incerta em virtude da combinação de fatores, tais como: a agressividade de plantas invasoras e exóticas, a dominância de gramíneas, a recorrência das queimadas, as condições microclimáticas desfavoráveis, a baixa fertilidade dos solos e a exaustão de banco de sementes (Parrotta *et al.*, 997). Para auxiliar no controle do crescimento indesejável de plantas invasoras, modelos matemáticos podem ser utilizados para simular o crescimento da população e assim, apontar alternativas efetivas de manejo.

OBJETIVOS

O trabalho teve como objetivo desenvolver um modelo que calcula o crescimento populacional em função do comportamento do banco de sementes de uma planta invasora arbórea hipotética.

MATERIAL E MÉTODOS

A construção do modelo baseou - se em um conceito que agrega elementos de dinâmica de bancos de sementes e variáveis estocásticas climáticas. A metodologia adotada simula o comportamento de um sistema em múltiplos estágios (intervalos de tempo), no qual as características de um estágio futuro são efeitos das condições do estado anterior e de eventos probabilísticos com possibilidade de ocorrer no futuro. Nesta primeira fase de elaboração, o modelo calculou o número de árvores em uma área não definida após um período de 8 anos.

O modelo parte do princípio básico de balanço de massa, no qual se quantifica as sementes que entram e as que saem do sistema (banco de sementes), correlacionando com situações que possam alterar este balanço (predação por animais, fungos, condições climáticas, entre outros). As variáveis de entrada do modelo foram: germinabilidade ($G\%$) para três faixas de temperatura sob luz e escuro; taxa de lançamento de sementes por plantas adultas (S) e jovens (S_2); fator de perda de sementes-porcentagem de sementes que não são capazes de germinar devido a danos mecânicos, predadores, fungos, entre outros (Fps) e de plantas-porcentagem de plântulas que morrem por danos mecânicos, químicos e fisiológicos (Fpp); a probabilidade de ocorrência de chuva (Pc). As variáveis de saída foram: número de plantas existentes na área observada (Np), número de sementes existentes no banco (Ns) e número de sementes germinadas (Ng).

Para obter dados preliminares do modelo idealizou - se uma planta invasora arbórea com as seguintes características: a) as plantas amadurecem sexualmente após 6 meses de idade com produção que variam de 15 a 50 sementes/mês e, adultas (mais de 12 meses de idade), de 30 a 120 sementes/mês; b) a taxa de lançamento de sementes da planta hipotética varia sazonalmente, sendo maior nos meses frios e secos e, menor, nos quentes e úmidos. Essa consideração se deve ao fato de que uma planta com porte maior produz mais flores e frutos, conseqüentemente, mais sementes do que uma planta que acaba de atingir a maturidade; c) o banco de semente desta invasora permanece dormente durante 12 meses e germina em diferentes percentuais de acordo com a temperatura e condição de luz; d) o fator de perda de sementes foi de 80% e perda de plântulas de 70%.

Baseando - se em dados climatológicos obtidos de uma estação meteorológica localizada na região da Pampulha (www.agritempo.gov.br) três faixas de temperatura (T) foram determinadas: $T \leq 25^{\circ}\text{C}$ (faixa A), $25 < T \leq 30^{\circ}\text{C}$ (faixa B), $T > 30^{\circ}\text{C}$ (faixa C). A germinabilidade das sementes da planta hipotética foi relacionada à temperatura média do mês (estágio = t) e, aleatoriamente, à existência ou não de luz. Na faixa A, a porcentagem de germinação no escuro foi 0,792 e, no claro, 0,834; faixa B no escuro foi

0,924 e, no claro, 0,956; e, finalmente, faixa C no escuro foi 0,924 e, no claro, 0,900. Foram determinados 80 mm como a quantidade mínima de chuva necessária durante um mês (soma dos dados diários) para a ocorrência da germinação da planta hipotética. Com este dado, a probabilidade de ocorrência de germinação foi zero quando os valores pluviométricos foram ≤ 80 mm ou $100\% > 80$ mm.

Para realização da simulação matemática do banco de sementes da espécie invasora hipotética, algumas considerações foram necessárias: no 1^o estágio não existia sementes no banco e havia somente uma árvore adulta capaz de produzir de sementes; a população em todos os estágios não sofreu limitações de espaço, nutrientes e efeito de competição intra e interespecífica. A simulação foi realizada no programa Microsoft Excel (versão 2007).

RESULTADOS

Na simulação do banco de sementes e crescimento da população da planta invasora hipotética os valores iniciais no estágio $t = 1$ foram $Np^t = 1$ é o número de plantas existentes na área de observação no início do estágio (t), $Ns^t = 0$, o número de sementes no início do estágio (t). Para os seguintes estágios, existem diferenças quanto aos estados das sementes que foram lançadas em $t = 1$, sendo indicados com as letras d (estado de dormência - *dormancy*), b (dormência quebrada-*breaking dormancy*) e g (crescimento da plântula - *seedling - growing*). As sementes que foram lançadas em $t = 1$ precisam de 12 meses para quebrar a dormência. Portanto as equações para $t \leq 11$ são:

$$Np^{td+1} = Np^{td} \quad (1)$$

$$Ns^{td+1} = Np^{td} * taxaS + Ns^{td} \quad (2)$$

$$Ng^{td+1} = 0 \quad (3)$$

nas quais Np^{td+1} é a quantidade de plantas ao final do estágio (t), Np^{td} é a quantidade de plantas ao final do estágio anterior, Ns^{td+1} é o número de sementes no banco ao final do estágio (t), $taxaS$ é a taxa média de sementes lançadas por árvore adulta em (t), Ns^{td} é a quantidade de sementes no final do período anterior e Ng^{td+1} a quantidade de sementes germinadas ao término do estágio em observação.

Para esta planta hipotética, a partir do décimo segundo estágio, já existem sementes germinando e ao mesmo tempo, sementes em dormência, porém as que germinaram precisam de seis meses para desenvolver plântulas e atingir a maturidade sexual-produzir flores e frutos. Logo, as equações para $11 < t \leq 17$ são:

$$Np^{tb+1} = Np^{tb} + Ng^{tb}Fpp \quad (4) \quad Ns^{tb+1} = (Np^{tb} * taxaS) + (Ns^{tb}Fps) - Ng^{tb+1} \quad (5)$$

$$Ng^{tb+1} = Ns^{tb} - 12Fps^{12}G(Te, Luz)Pc \quad (6)$$

Johnson, R. G. Anderson, R. C. 1986. The seed bank of tall grass prairie in Illinois. *American Midland Naturalist*, 115: 123 - 130.

onde Ng^{tb} é a quantidade de sementes germinadas ao início do estágio, após a quebra de dormência; Fpp é o fator de perda de plantas; Np^{tb-6} é a quantidade de plantas existentes seis estágios antes do em observação, ou seja as plantas adultas do atual estágio; $taxaS$ é taxa média de sementes lançadas por árvores jovens; Fps é o fator de perda de sementes; Ng^{tb+1} é a quantidade de sementes germinadas

ao final do estágio; P_c é a probabilidade condicional referente à chuva; $G\%$ a porcentagem de germinação de acordo com as condições de luz e temperatura ocorridas no estágio; e N_s^{tb-12} é a quantidade de sementes existente doze meses antes do estágio em observação, ou seja, é o número de sementes que já quebraram a dormência, que a partir deste estágio será considerado em todas as equações posteriores em função do tempo em que foram lançadas ao solo.

A partir do 18^o mês as equações foram as mesmas, pois as sementes que já quebraram a dormência e germinaram, as plântulas e plantas jovens reprodutivas estão contribuindo para o sistema. Assim, para $t > 17$, o N_p^{tg-12} é o número de árvores doze meses antes do estágio atual, ou seja é somente a quantidade de árvores adultas no período em observação; a quantidade de plantas jovens lança sementes a uma taxa S^2 e é obtida subtraindo - se de N_p^{tg-6} , quantidade de árvores existentes 6 meses atrás.

Com a simulação realizada, observou - se que ao final de 8 anos poderão existir na área 16.315,99 plantas reprodutivas (adultas e jovens), 13.997,15 plantas em desenvolvimento (menos de 6 meses de idade) e 6.826,43 plântulas recém germinadas. No solo, 2.420.898,04 sementes poderão estar armazenadas no banco. Isto porque, com o passar dos anos, a população cresceu exponencialmente, pois houve pouca resistência ambiental já que as variáveis de entrada do modelo favoreceram apenas o crescimento em função do potencial biótico da espécie. Contudo, este aumento pode ser controlado a partir da calibração do fator de perda de sementes e plântulas e restrições relativas à competição por espaço, luz e nutrientes de acordo com o tamanho da área-capacidade suporte do ambiente.

CONCLUSÃO

Esta simulação foi o resultado da primeira fase de confecção do modelo matemático que se pretende calibrar com os dados reais de uma planta invasora. O mesmo poderá fornecer como resultado a seqüência “ótima” de decisões de manejo e controle a serem tomadas (ex: que resultem em menor custo), que sejam capazes de manter o sistema dentro de limites estabelecidos (Ex: população de plantas). Este modelo poderá ser aplicado para várias espécies que se deseja controlar o seu crescimento populacional. (Os autores agradecem à FAPEMIG pelo apoio financeiro e pela bolsa de iniciação científica).

REFERÊNCIAS

- Alvarado, V. & Bradford, K.J. 2005. Hydrothermal time model of botanical potato seed germination. *Seed Science Research*, 15:77 - 88.
- Baskin, C.C. & Baskin, J.M. 1998. *Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination* .

San Diego: Academic Press. 666p.

- Batlla, D. & Benech - Arnold, R.L. 2003. A quantitative analysis of dormancy loss dynamics in *Polygonum aviculare* L. seeds: Development of a thermal time model based on changes in seed population thermal parameters. *Seed Science Research* , 13: 55 - 68.
- Begon, M.; Townsend, C. R.; Harper, J. L. 2007. *Ecologia de indivíduos a ecossistemas*, 4aed. Porto Alegre: Artmed.
- Bewley, J.D & Black, M. 1994. *Seeds: physiology of development and germination* . New York: Plenum Press. 445p.
- Covell, S.; Ellis, R.H.; Summerfield, R.J. 1986. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. 1. A comparison of chickpea, lentil, soybean, and cowpea at constant temperatures. *Journal of Experimental Botany* , 37: 705 - 715.
- Ellis, R.H & Butcher, P.D. 1988. The effects of priming and natural differences in quality amongst onion seed lots on the response of the rate of germination to temperature and the characteristics under genotypic control. *Journal of Experimental Botany*, 39: 935 - 950.
- Fernández - Quintanilla, C. 1988. Studying the population dynamics of weeds. *Weed Research*, 25: 443 - 447.
- García - Huidobro, J.; Monteith, J.L.; Squire, G.R. 1982. Time, temperature and germination of pearl millet (*Pennisetum thyphoides* S. & H.). 1. Constant temperatures. *Journal of Experimental Botany*, 33: 288 - 302.
- Garwood, N. C. 1989. *Tropical soil seed banks: a review*. San Diego: Academic Press.
- Grundy, A.C; Phelps, K.; Reader, R.J; Burston, S. 2000. Modelling the germination of *Stellaria media* using the concept of hydrothermal time. *New Phytologist*, 148: 433 - 444.
- Johnson, R. G. Anderson, R. C. 1986. The seed bank of tall grass prairie in Illinois. *American Midland Naturalist*, 115: 123 - 130.
- Harper, J. L. 1977. *Population biology of plants*. London: Academic Press.
- artins, C.C. & Silva, W.R. 1994. Estudos de bancos de sementes do solo. *Informativo Abrates*, 4: 49 - 56.
- Odum, E.P. Barrett, G.W. 2007. *Fundamentos de ecologia*, 5ed. São Paulo: Thomson Learning.
- Parrota, J.A.; Turnbull, J.W.; Jones, N. 1997. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management*, 99: 1 - 7.
- Steinmaus, S.J.; Prather, T. S.; Holt, J.S. 2000. Estimation of base temperatures for nine weed species. *Journal of Experimental Botany*, 51: 275 - 286.
- Vleeshouwers, L.M. & Kropff, M.J. 2000. Modeling field emergence patterns in arable weeds. *New Phytologist*, 148: 445 - 457.
- Vegis, A. 1964. Dormancy in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology*, 15: 185 - 224.