ADAPTAÇÃO DO MODELO PRESA-PREDADOR PARA DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DO CO2 ATMOSFÉRICO

Gustavo Treml (PROVIC), Luís Augusto Trevisan (Orientador), e-mail: luisaugustotrevisan@yahoo.com.br

Universidade Estadual de Ponta Grossa/ Departamento de Matemática e Estatística

Área Física 1.05.00.00-6 e subárea Física Geral 1.05.01.00-2.

Palavras-chave: Modelo presa-predador, Lotka-Volterra, Concentração de CO2 atmosférico, taxa de fotossíntese.

Resumo

O seguinte trabalho de pesquisa busca desenvolver por meio da manipulação de modelos matemáticos e inserção de variáveis, as evoluções temporais da concentração de CO2 atmosférico, de curto e longo prazo, através das emissões de CO2, mortalidade vegetal e absorção marítima do CO2. Atribui-se o aquecimento global como um efeito decorrente do aumento da concentração de CO2 na atmosfera, isto tem efeito direto sobre a vida vegetal a qual que pela maior concentração de CO2 atmosférico tem a taxa de fotossíntese liquida das plantas afetada. Desta forma para o estudo é utilizado um modelo matemático, baseado no modelo presa-predador de Lotka-Volterra, tendo os vegetais como predadores do CO2 atmosférico.

Introdução

Nosso planeta pode ser visto como sendo um organismo vivo que está em constante mudança. O efeito estufa é um fenômeno natural. O aquecimento global pode ser uma mudança natural, que por sua vez é acelerada por uma ação antrópica, crescente a cada ano. Isto vem gerar cada vez mais complicações para a vida na terra como um todo.

Dentre os diversos seres vivos que habitam nosso planeta temos a população vegetal a qual é muito importante para amenizar de certa forma o aquecimento global, pela absorção de CO2.

Com determinadas ações humanas (desflorestamento, queimadas) a população vegetal vem a diminuir. Neste trabalho, o modelo matemático a ser apresentado é baseado nas plantas como predadores de CO2 atmosférico[1], sendo possível visualizar claramente a influência das mesmas e por fim determinar futuras projeções através de alguns parâmetros analisados.

O aumento da concentração de CO2 atmosférico afeta a taxa de fotossíntese liquida[2] das plantas, isto fica expresso nas equações adequadas do modelo matemático de forma a serem utilizadas em um programa de computador em linguagem Fortran para gerar as futuras projeções de CO2 na atmosfera com o passar do tempo. Feito isso, analisar os parâmetros utilizados e se são adequados para o estudo de forma a comparar com o modelo de Berna[3], o qual é conceituado em meio acadêmico e muito utilizado mesmo que ainda tendo algumas críticas em relação ao mesmo.

Revisão de Literatura

Visto que com o crescente aumento de CO2 na atmosfera fortes impactos ambientas vem sido observados sobre a vida na terra, podendo-se agravar futuramente. Desta forma para o estudo deste fenômeno utilizou-se o modelo matemático de Lotka-Volterra [4] o qual fornece uma modelagem dinâmica para populações. Este modelo se baseia basicamente nas condições em que a população/espécie se encontra, sendo isto fato determinante para demonstrar algebricamente as relações. Além disto existe a interação entre presa e predador, que faz com que dependendo de como ocorrer esta interação a população irá aumentar ou diminuir. Estas relações do modelo se intensificam ao adicionar o fator tempo, pois de acordo com a variação de tempo também haverá mudanças.

Desta forma utilizou-se o modelo de Lotka-Volterra [4] adequando-o para um formato desejado. Como dito anteriormente o aumento da concentração de CO2 atmosférico afeta a taxa de fotossíntese liquida das plantas. Esta taxa é dada por [2]:

$$A(Ca,T) = V_j \frac{(Ca - 1.5\Gamma)}{Ca + 3\Gamma} \quad (1)$$

Explanando melhor a fórmula temos o temo Γ, que é um fator que depende da temperatura foliar T, da seguinte forma:

$$\Gamma = 42e^{9,46(T_l - 25)/(T_l + 273.2)} \quad (2)$$

Onde 42µmol / mol é o valor de Γ a 25ºC.

Partindo de um efeito médio do aumento da taxa disposta anteriormente em uma escala global, foi elaborado um modelo matemático, baseado no modelo presa-predador de Lotka-Volterra. Nesta adaptação, os vegetais são predadores do CO2 atmosférico. O modelo é dado pelo sistema de equações abaixo [3]:

$$\frac{dC_a}{dt} = -A(C_a,T) \times P + kQ(t) \quad (3)$$

$$\frac{dP}{dt} = -e \times P + f \times P \times A(C_a,T) \quad (4)$$

Onde “Ca“ concentração de “CO2” atmosférico, “P” parâmetro de população vegetal, “T” é temperatura, “Q(t)” emissão humana (em Giga Tonelada de CO2), “K” parâmetro para dizer quanto 1 giga tonelada afeta em ppm a concentração e o “f” parâmetro do modelo relacionado com a reprodução vegetal e “e” mortalidade vegetal.

Por meio do programa de computador FORTRAN que é uma linguagem de programação de alto nível, que permite traduções quase diretas de fórmulas, através de simbologia de variáveis e operadores algébricos. Com este programa utilizou-se das equações adequadas do modelo de Lotka-Volterra para gerar as projeções de futuros cenários de emissão de CO2 na atmosfera.

Para a obtenção de dados reais das emissões de CO2 foram utilizadas pesquisas já existentes sobre o assunto, realizadas por institutos de pesquisa

meteorológica como o IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)[5]que forneceram os números reais das concentrações de carbono na atmosfera com o decorrer dos anos.

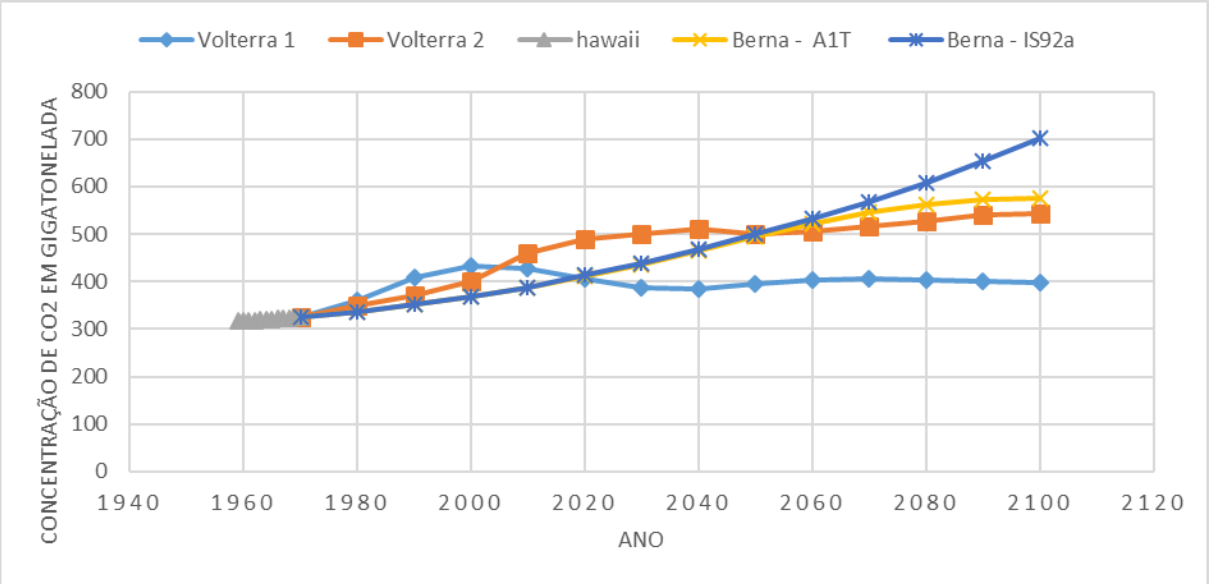
Com estes dados, aplicou-se as concentrações reais de carbono nos programas gerados em Fortran para modelar projeções de futuras emissões de CO2.

Resultados e Discussão

Obteve-se projeções para concentração de CO2 usando o modelo matemático de Lotka-Volterra, porém adequando-o para a finalidade desejada, desta forma obtidas as equações do modelo, aplicou-se as mesmas em Fortran para realizar as projeções.

Utilizando o programa Fortran foram obtidos os dados desejados para então serem dispostos em forma de gráfico o que facilita a análise e comparação a modelos já existentes. O gráfico a seguir estabelece um comparativo entre alguns cenários do modelo elaborado com menos parâmetros tendo como base as adequações das equações de Lotka-Volterra e um já existente denominado modelo de Berna [5] o qual utiliza de diversos parâmetros relacionados a fatores implicantes na emissão de CO2.

GRÁFICO 1: Cenários de futuras concentrações de CO2 atmosférico.



Fonte: O autor

O gráfico parte das emissões reais registadas no Observatório de Mauna Loa, no Hawaii a partir do ano de 1959 até o ano de 1970 em que se iniciam as projeções dos modelos. De acordo com os parâmetros utilizados a curva tende a adquirir certa característica de forma que ambos têm o intuito de chegar ao mais próximo do que ocorre realmente. A curva A1T denota que se passa em uma projeção de um mundo futuro de crescimento econômico muito rápido, baixo crescimento populacional e rápida introdução de tecnologia nova e mais eficiente e a curva IS92a possui outra vertente para alteração dos parâmetros.

Já o modelo baseado nas equações de Volterra tem uma característica mais voltada aos modelos matemáticos levando em consideração menos parâmetros, mas adquirindo uma boa curva de modo geral. Pois trabalha-se em cima de uma concentração inicial de carbono pré-disposta de dados reais, uma concentração final (Ca) a ser projetada para um período de tempo desejado e o fator de correção da curva (fc). Além de parâmetros inclusos no programa Fortran. Com isso foram obtidas diversas curvas para diferentes parâmetros em que as utilizadas neste gráfico tem as suas características. Para a curva Volterra 1 foi atribuído valor de fc igual a 0,3 e Ca igual a 400, já para a curva Volterra 2 foi atribuído valor de fc igual a 0,3 e Ca igual a 600.

Conclusões

No presente trabalho estudamos uma adaptação do modelo matemático de Lotka-Volterra com o intuito de gerar projeções com o passar do tempo para o crescimento da quantidade de CO2 presente na atmosfera, para demonstrar que mesmo com poucos parâmetros e com modelos matemáticos variados é possível fazer com que os dados sejam concretos. Desta forma observamos que mesmo o modelo gerado ser bastante simples, foi possível extrair resultados e gerar projeções para um futuro ainda distante com poucos parâmetros, mas os quais foram considerados importantes para concluir o trabalho.

Agradecimentos

Agradeço a todos que me auxiliaram neste projeto de pesquisa, principalmente ao professor Luis Augusto Trevisan que ensinou por diversas vezes assuntos aos quais ainda não possuía conhecimento, para que viesse a desenvolver um bom trabalho durante o período ao qual fui vinculado ao projeto.

Referências

[1] TREVISAN L. A., Luz F. M. de M. **Prey-predator modeling of CO2 atmospheric concentration**. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/0805.0819>. Acesso em: 22 ago. 2018

[2] Kirschbaum, M.U.F (1994). **The sensitivity of C3 photosynthesis to increasing CO2 concentration**: a theoretical analysis of its dependence on temperature and background CO2 concentration Plant, Cell and Environment.,17-7:747

[3] **The Bern Simple Climate Model (BernSCM) v1.0**: an extensible and fully documented open-source re-implementation of the Bern reduced-form model for global carbon cycle–climate simulations. Disponível em: <https://www.geosci-model-dev.net/11/1887/2018/gmd-11-1887-2018.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2018

[4] FERREIRA, N. F.; Prado C. P. C. do. **Caos uma introdução**. São Paulo: Edgard Blucher, 1995. 402 p.

[5] **CARBON Dioxide**: Projected emissions and concentrations. Disponível em: <http://www.ipcc-data.org/observ/ddc_co2.html>. Acesso em: 05 out. 2017.