

DETERMINAÇÃO DO SOMBREAMENTO DO SOLO NO INTERIOR DE UMA CULTURA ATRAVÉS DE MODELAGEM GEOMÉTRICA TRIDIMENSIONAL

Autor

Caldeira, Marco Antonio Corbucci

caldeira@fc.unesp.br

Departamento de Computação, UNESP – campus de Bauru

R. Raja Gebara, 1-55 apto. 31-A – Bauru/SP – CEP: 17046-550

(14) 234-9449 / 9651-4391

Resumo

Este trabalho propõe uma metodologia para determinar as áreas expostas à radiação solar da superfície do solo de uma cultura hipotética a qualquer hora do dia, época do ano e localidade, através de simulação de modelos geométricos tridimensionais construídos com auxílio de programas computacionais existentes atualmente no mercado.

Abstract

This study presents a method to estimating the radiation from sun intercepted by soil surface inside a culture at any time of the day and the year, based on a geometric model generated by CAD programs and represented by Image Rendering programs.

Palavras Chave

Radiação solar, modelagem de plantas, Computação Gráfica

1. INTRODUÇÃO

A determinação do comportamento das plantas em relação à quantidade de radiação solar recebida ao longo de todo o desenvolvimento é sem dúvida fundamental no processo de análise de seu crescimento. No entanto, esta tarefa torna-se bastante difícil pela interação de mecanismos físicos e bioquímicos de alta complexidade que resultam no crescimento das plantas e pelo fato de que a quantidade de radiação solar incidente em uma planta ou cultura é variável a cada instante e lugar.

Diferentes metodologias tem sido adotadas por pesquisadores, com o objetivo de se medir a quantidade de energia solar que incide sobre uma planta ou sobre a superfície do solo de uma cultura com o máximo de precisão possível e a um custo razoável.

Uma abordagem que tem produzido resultados satisfatórios é o desenvolvimento de modelos matemáticos implementados computacionalmente, que descrevem esses fenômenos naturais. Entre eles, os modelos geométricos de plantas e culturas são os

que conseguem determinar com mais precisão as superfícies das folhas e do solo expostos à radiação solar.

O objetivo deste trabalho é propor uma metodologia para determinar as áreas expostas à radiação solar da superfície do solo de uma cultura hipotética a qualquer hora do dia, época do ano e localidade, através de um modelo geométrico tridimensional desenvolvido com auxílio de programas computacionais já existentes.

2. REVISÃO DA LITERATURA

O estudo da incidência de raios solares na superfície do solo de uma cultura por meio de simulação requer o desenvolvimento de alguns modelos matemáticos, tais como um modelo geométrico tridimensional da planta e sua distribuição em uma cultura, um modelo para determinação da posição do Sol e um modelo de sombreamento.

2.1 - MODELOS GEOMÉTRICOS DE PLANTAS

Podemos subdividir os tipos de modelos matemáticos de plantas em duas categorias:

- Modelos estatísticos, que levam em consideração apenas à distribuição dos elementos das plantas no espaço, normalmente as folhas. Estes tipos de modelos não serão estudados neste trabalho.
- Modelos baseados em conceitos geométricos, elaborados inicialmente com o intuito de se representar graficamente às espécies de vegetais, e que descrevem as plantas de diversas maneiras, dependendo do objetivo do estudo e a forma de representação gráfica.

Usher (1970) computa o comprimento e a direção das sombras provocadas por plantas representadas por planos inclinados.

Terjung & Louie (1972), Charles-Edwards & Thornley (1972) representam as plantas por sólidos fundamentais, tais como a esfera, o cilindro e o cone.

Existem ainda modelos mais sofisticados que geram automaticamente as ramificações das plantas. Lindenmayer (1968) propôs um sistema, denominado *L-System*. Baseado neste modelo, Aono & Kunii (1984) desenvolveram o *A-System*.

No trabalho de Caldeira (1993), a determinação da luminosidade no interior de uma cultura de gramíneas é feita a partir de um modelo geométrico tridimensional simplificado da planta distribuída em culturas com diferentes declividades e exposições.

2.2 - DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO DO SOL

Os parâmetros que definem a posição do Sol em relação a um ponto na superfície da Terra, podem ser medidos a partir de diferentes referenciais. O mais comum é estabelecer um sistema de coordenadas com origem no centro da Terra, de forma a localizar o Sol pela Declinação, pela Latitude e pelo Ângulo Horário. No entanto, para compatibilizar o sistema de coordenadas para representação de objetos

tridimensionais com o de localização do Sol, será adotado um sistema com origem no ponto de observação e posicionando-se o Sol pelo Azimute e pela Altura Solar.

Os modelos matemáticos para se calcular o Azimute e a Altura Solar tendo como dados as coordenadas geográficas do ponto de observação, o dia do ano e a hora local, como os propostos por Gloyne (1965) e Walraven (1978), já são bastante conhecidos e inclusive incorporados a programas computacionais utilizados para fazer tratamento de objetos.

2.3 MODELOS DE SOMBREAMENTO

Considerando que este trabalho não tem como objetivo o desenvolvimento novos modelos matemáticos, mas sim de uma metodologia para a determinação do sombreamento de uma superfície exposta a iluminação solar auxiliada por alguns tipos de programas disponíveis no mercado, serão brevemente descritos dois dos principais tipos de algoritmos utilizados para gerar as sombras projetadas por um objeto quando iluminado por uma fonte de luz.

A sombra pode ser considerada como a parte não visível de uma cena quando o ponto de observação coincide com a fonte de luz. Desta forma este problema é tratado em Computação Gráfica como um caso especial de eliminação de superfícies invisíveis. Na realidade o sombreamento foi incorporado nos algoritmos já existentes de eliminação de superfícies invisíveis.

O primeiro tipo de algoritmo, chamado de *Shadow Map*, determina as áreas sombreadas sem considerar a transparência dos objetos. Isso significa que a sombra produzida por um objeto transparente é igual à produzida por um objeto opaco. Nesta classe de algoritmos enquadram-se grande parte dos conhecidos. Serão citados apenas alguns como os de Appel (1968), Gouraud (1971), Bui-Tuong (1975) e Blinn (1977).

O segundo tipo, chamado de *Ray Tracing*, implementado originalmente por Kay (1979) e Whitted (1980), leva em consideração a transparência e a reflexão dos objetos, produzindo com isso cenas com muito mais realismo.

2.4 INFLUÊNCIA DA EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO SOLAR NO CRESCIMENTO DE PLANTAS

A relevância deste trabalho está fundamentada nos estudos desenvolvidos na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Jaboticabal iniciados pelos trabalhos de Benincasa (1976) e Benincasa (1977), que demonstraram a influência da exposição solar na produtividade de *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia proposta consiste das seguintes etapas:

- Construção do modelo tridimensional da planta a ser estudada. Para tanto, podem ser utilizados os programas de CAD (Computer Aided Design). Atualmente estes programas possuem Modeladores Geométricos bastante poderosos, com recursos para obter uma representação da planta com grande precisão e realismo. Dois destes programas foram usados para a construção do modelo, o *I'deas Master Series 6* da Parametric Inc. e o *3D Studio Max 3* da Autodesk Inc.. Considerando-se que o estudo se restringe ao sombreado da superfície do solo, não é necessário elaborar um modelo da planta com muito detalhamento, pois apenas a sua sombra será considerada.
- Construção da superfície do solo que será objeto de análise. Diversos programas também podem ser adotados para a definição da superfície topográfica. Tudo depende dos parâmetros iniciais que definem a superfície. Superfícies do tipo NURBS, B-Spline podem ser construídas com auxílio de programas de CAD.
- Distribuição das plantas em uma cultura sobre a superfície. Esta etapa pode ser feita já no programa de tratamento de imagem. O programa adotado para criar a cena foi o *3D Studio Max 3*, que é bastante eficiente na geração de imagens.
- Determinação da posição do Sol baseado nas coordenadas geográficas do local, assim como a data e hora da simulação. Novamente o programa *3D Studio Max 3* pode ser usado, por possuir uma função de iluminação solar muito prática e precisa.
- Estabelecimento das características físicas das superfícies das plantas e do solo e escolha do algoritmo de iluminação e sombreado a ser utilizado. Como apenas a imagem das sombras das plantas sobre o solo é desejada, é preciso que a imagem das plantas não interfira na cena. Para isso todas as plantas devem ser totalmente transparentes e o algoritmo de sombreado adequado é o *Shadow Map* para que a sombra seja considerada sem que as plantas apareçam na imagem.
- Determinação dos contornos das sombras. Como a imagem gerada da área sombreada é do tipo *Bitmap*, o conveniente para se calcular as áreas de luz e de sombra é converter a imagem para o tipo Vetorial. Isto pode ser feito com auxílio do programa *Corel Trace 9* da Corel Corporation. O arquivo gerado pode ser qualquer um utilizado pelo programa de CAD adotado para o cálculo das áreas iluminadas e sombreadas.

Com isso, a simulação das condições de iluminação no interior de uma cultura é feita com custos extremamente baixos, com grande rapidez e com resultados satisfatórios.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - A PLANTA

Como exemplo, foi modelada uma planta hipotética, assemelhada com o sorgo sacarino com desenvolvimento correspondente a 60 dias do plantio e com as principais dimensões extraídas do trabalho de Caldeira (1993) conforme mostra a Tabela 1.

Folha	Altura de Inserção (cm)	Ângulo de Inserção	Comprimento (cm)	Largura na Inserção (cm)	Largura Máxima (cm)
1	18,1	35 °	40,2	3,0	3,5
2	22,4	32 °	47,6	3,0	3,5
3	26,6	44 °	60,7	3,0	3,5
4	31,6	36 °	65,4	3,0	3,5
5	37,8	46 °	69,4	3,0	3,5
6	45,8	34 °	71,5	3,0	3,5
7	58,1	28 °	61,5	3,0	3,5
8	84,4	21 °	38,5	3,0	3,5

Tabela 1: Dimensões principais da planta.

O modelo da planta é apresentado na Figura 1.



Figura 1: Modelo da planta em *wireframe*.

4.2 - A CULTURA

As plantas foram distribuídas em uma cultura com espaçamento entre as plantas de 10cm e entre as linhas de plantio de 50cm. Para a simulação exemplificada, foram introduzidas apenas quatro linhas de plantio, cada uma com 16 plantas. A orientação adotada para as linhas foi a Norte-Sul. As Figuras 2 e 3 mostram o esquema da cultura.

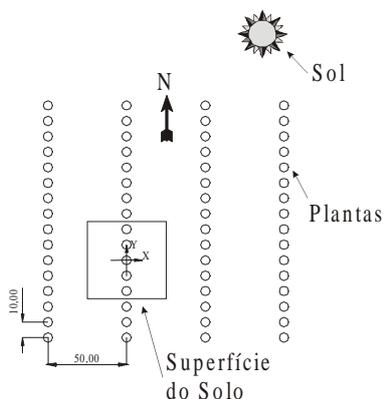


Figura 2: Esquema da cultura utilizada na simulação



Figura 3: Perspectiva da cultura.

4.3 - A SUPERFÍCIE DO SOLO.

Da mesma forma como foram modeladas as plantas, a superfície solo também pode ser construída por meio de programas de Modelagem de Superfícies. No entanto, no exemplo ela foi considerada plana e horizontal. Além disso, uma área equivalente à ocupada por cinco plantas foi suficiente para obter os resultados desejados.

4.4 - LOCALIDADE, DIA E HORÁRIO.

O local escolhido para o ensaio foi Bauru-SP, cujas coordenadas geográficas são:

Latitude: -22° 21' 30"

Longitude: 49° 01' 37"

Os dias selecionados foram 21 de junho e 21 de dezembro. Em ambos os dias foram feitas exposições às 9:30 h e às 12:00h.

4.5 - EXPOSIÇÃO DA SUPERFÍCIE DO SOLO

Os resultados das quatro simulações são mostrados na Figura 4.

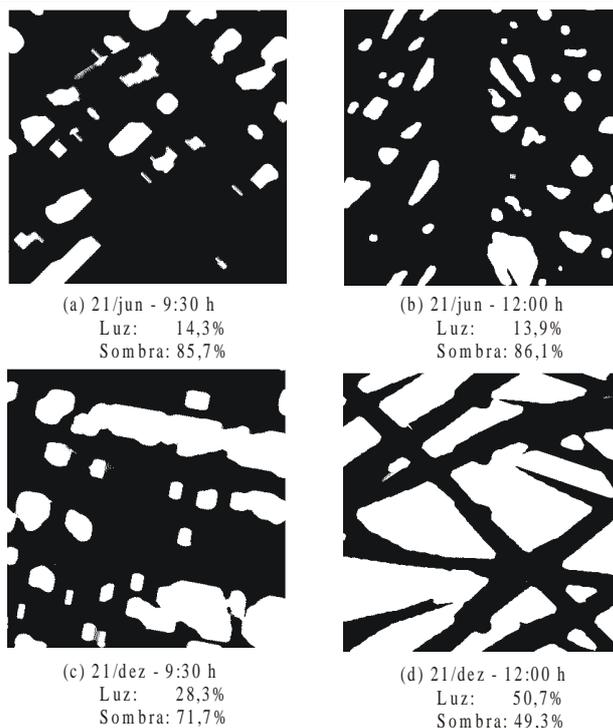


Figura 4: Simulações de quatro situações de exposição solar.

5. CONCLUSÕES

- A metodologia apresentada mostrou-se bastante simples de ser implementada e executada, apesar dos diferentes programas computacionais que são requeridos.
- Os resultados obtidos podem ser tão precisos quanto mais detalhado for o modelo das plantas e do solo.
- Outros tipos de estudos relacionados à radiação solar podem se utilizar da metodologia, bastando ser feitas algumas modificações.

6. REFERÊNCIAS

- Aono, M. and Kunii, T. (1984) Botanical tree image generation. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 4 (5), 10-34.
- Appel, A. (1968) Some techniques for shading machine rendering of solids, Thompson Books, Washington D. C., 37-45.
- Benincasa, M. (1976) Efeitos de rampas com diferentes declividades e exposição Norte e Sul de uma bacia hidrográfica simulada sobre o microclima e produtividade de *Sorghum bicolor* (L.) Moench., FCAV-UNESP, Jaboaticabal, *Tese de Livre-Docência*, 109 p.
- Benincasa, M. M. P. (1977) Influência de exposições Norte e Sul sobre o parâmetro de crescimento de *Sorghum bicolor* (L.) Moench, FCAV-UNESP, Jaboaticabal, *Tese de Livre-Docência*, 149 p.

- Blinn, J. F. (1977) Models of light reflection for computer synthesized pictures, *Computer Graphics*, **11**, 192-8.
- Bui-Tuong, P. (1975) Illumination for computer generated images, *CACM*, **18**, 311-17.
- Caldeira, M. A. C. (1993) Modelagem da Luminosidade no interior de uma cultura de gramíneas, *FCA-UNESP, Botucatu, Tese de Doutorado*, 111 p.
- Charles-Edwards, D. A. and Thornley, J. H. M. (1973) Light interception by an isolated plant – A simple model, *Ann. Bot.*, **37**, 919-28.
- Gloyne, R. W. (1965) A method for calculating the angle of incidence of the direct beam of the sun on a plane surface of any slope and aspect. *Agricultural Meteorology*, **2**, 401-10.
- Gouraud, H. (1971) Computer display of curved surfaces. *IEEE Trans.*, **20**, 623-28.
- Kay, D. S. (1979) Transparency, refraction and ray tracing for computer synthesized images, *Cornell University, Master's thesis*.
- Lindenmayer, A. (1968) Mathematical models for cellular interactions in development, II: Simple branching with two-sided inputs. *J. Theoret. Biol.*, **18**, 300-15.
- Terjung, W. H. and Louie, S. S. (1972) Potential solar radiation on plant shapes. *Int. J. Biometeorol.*, **16**, 25-43.
- Usher, M. B. (1970) An algorithm for estimating the length and direction of shadows with reference to the shadows of shelter belts. *J. Appl. Ecol.*, **7**, 141-5.
- Walraven, R. (1978) Calculating the position of the sun, *Solar Energy*, **20**, 393-7.
- Whitted, T. (1980) An improved illumination model for shaded display, *CACM*, **23**, 343-49.