Previsão da produção bovina na rodovia Transamazônica do Brasil

Philip M. Fearnside (*)

Resumo

O governo brasileiro está atualmente promovendo o desenvolvimento de pastagens para gado em vastas áreas da Bacia Amazônica, por meio de um programa de incentivos fiscais e tributários. Este fato tem sido encorajado por declarações recentes, de que as pastagens melhoram a qualidade dos solos, possivelmente podendo propiciar uma produção bovina por tempo indeterminado. Cálculos da produtividade bovina prevista para áreas, como as adjacentes à rodovia Transamazônica, feitas por vários métodos, levam à conclusão que as expectativas são demasiadamente otimísticas. O presente trabalho desenvolve equações para a previsão de produção de gado, numa área de estudo ao longo da Transamazônica, levando em consideração os efeitos dos nutrientes do solo e a competição com plantas invasoras. Níveis baixos de fósforo no solo e a invasão de ervas não comestíveis reduzem a produção de gramíneas e, conseqüentemente, de gado, a níveis muito baixos. Apresenta-se os resultados de uma simulação por computador acerca da produção de gado baseada tanto nas relações desenvolvidas ligando as produções a nutrientes do solo e a invasoras, quanto nas informações sobre solos colhidas na área de estudo na Transamazônica. A simulação das pastagens é parte de uma simulação maior do agro-ecossistema dos colonos da Transamazônica, cujo objetivo é estimar a importância de vários fatores na capacidade de suporte dessa área, para populações humanas. Embora o estudo da capacidade de suporte mostre que a agricultura baseada principalmente em culturas anuais apresente grandes riscos, coloca também em dúvida a pressuposição de rendimentos seguros e contínuos, pelos projetos de desenvolvimento de pastagens promovidos atualmente na Amazônia brasileira.

Introdução

Esta previsão da produção ganadeira na rodovia Transamazônica é parte de um estudo visando a estimativa da capacidade de sustentação de populações humanas em uma parte da área de colonização nas proximidades de Altamira, Pará (Fearnside, 1978). Os métodos de previsão de produção bovina aqui discutidos, quando combinados com a previsão de mudanças da fertilidade do solo usado para pastagens (Fearnside, s/d*b*), permitem a simulação da produção de gado, ou como parte do modelo "KPROG2" para a capacidade de suporte humana, ou separadamente, em uma simulação menor para produções de culturas individuais e mudanças no solo, chamado "AGRISIM". Sub-rotinas tratando da produção ganadeira e mudanças nos solos sob pastagem são incluídas no programa e documentação para KPROG2, junto com uma lista completa de valores dos parâmetros usados em execuções padrões do modelo (Fearnside, s/d*a*). As seguintes questões, muito debatidas no Brasil, tornam esse assunto particularmente atual: 1) É sustentável, indefinitivamente, a fertilidade do solo usado para pastagem?; 2) Isso implica em que a produção bovina seja também sustentável?; 3) Deve-se concluir disto que vastas áreas da Bacia Amazônica devam ser transformadas em pastagens? As descobertas de Falesi (1974, 1976), de que as pastagens melhoram a fertilidade do solo, vieram fortalecer o maciço programa de incentivos fiscais do governo brasileiro, encorajando a rápida conversão de grande parte da Amazônia em áreas de pastagens. A discussão sobre solos e pastos foi feita em um estudo à parte sobre as mudanças da fertilidade do solo sob pastagem (Fearnside, s/d*b*). A importância desse debate faz com que a questão da previsão de produção ganadeira seja examinada cuidadosamente. Tendo isto em mente, o presente trabalho apresenta várias maneiras possíveis de calcularem-se as previsões de produção de gado, com base primeiramente em informações isoladas, agrupadas a partir da bibliografia sobre o assunto, e em meus próprios estudos na rodovia Transamazônica realizados em dois anos de trabalho de campo na área (1974-1976), mais visitas curtas que estendem o período de informações de 1973 até 1978. Todos os métodos de cálculo levam à conclusão de que as

(*) — Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

produções de gado a serem esperadas estão muito abaixo das projeções oficiais para a Amazônia e que, por vários motivos, não se pode pretender que essas produções permaneçam pelos longos períodos sugeridos pelas afirmativas oficiais (Fearnside, 1979).

Lotação por hectare e "capacidade de suporte" das pastagens

Encontram-se numerosas declarações na bibliografia sobre o assunto, atribuindo valores para a "capacidade de suporte" das terras firmes na Amazônia. A maioria dessas afirmações não são acompanhadas por dados básicos mostrando como as figuras foram derivadas. Presumivelmente, a maior parte delas são resultantes de observações (apesar de não especificarem a amostragem quanto ao tamanho, método, etc.) do número de cabeças de gado por hectare, na realidade colocados nas pastagens pelos fazendeiros na época da entrevista. Isto, naturalmente, não é realmente uma estimativa da "capacidade de suporte", pois não há indicações de que, por exemplo, através de observações das mudanças nas populações de plantas invasoras ou no solo, os dados de lotação por hectare observados pudessem ser mantidos em uma base sustentável. Em novas áreas, como as próximas à Transamazônica, os dados de lotação por hectare podem ser enganosos, pois o número de cabeças é geralmente baixo devido à falta de disponibilidade de gado ou dinheiro para adquirí-lo, em vez de qualquer convicção, por parte do fazendeiro, de que o aumento da lotação por hectare causaria a deterioração da pastagem. Há também o problema de imprecisão quanto ao aspecto dos dados de lotação por hectare referirem-se à densidade do rebanho na área que na realidade está sendo usada como pasto no período da entrevista, ou se os dados se referem a áreas mais extensas, incluindo terras em pousio, entre períodos de uso como pastagem. A inclusão destas últimas pode significar uma diferença de um fator de 3 ou 4, como é o caso de operações em duas propriedades na parte amazônica do Peru, em que foram registrados os 2 tipos de cálculo da lotação por hectare: Tournavista com 3 cabeças por hectare de pastagem em uso e 1 cabeça/hectare na área global; Granja San Jorge, com 1,5 cabeças/hectare de pastagem em uso e 0,4 cabeça/hectare na área global (Watters, 1971). As seguintes citações sobre a "capacidade de suporte" de gado na terra firme amazônica, apresentam a variedade de opiniões: 1) o representante brasileiro na conferência sobre o desenvolvimento de fazendas de gado na América Tropical Úmida, realizada em Guayaquil, Equador, em 1973, escreveu que a "capacidade média de suporte" é uma cabeça por 2,5 hectares/ano (0,40 cabeça/hectare) (Nascimento & Moura Carvalho, 1973: III-B-32); 2) O diretor da EMBRAPA-IPEAN (atualmente CPATU) em Belém, escreveu que "a capacidade de suporte pode atingir 4 cabeças/ha." no que ele descreve como "pastagens magníficas" nas proximidades de Paragominas, Pará (Falesi, 1974: 2.14); 3) A "capacidade de suporte" das plantações experimentais de *Brachiaria decumbens* na EMBRAPA-IPEAN em Belém é estimada em 1,5 cabeça/hectare/ano baseada em "dados iniciais quantitativos e qualitativos, e observações em vários anos" (Serrão & Neto, 1971: 26); 4) Usando dados do número total do rebanho e a área total de pastagens na região Norte do Brasil (que inclui tanto a várzea como a terra firme), a EMBRAPA dá o valor de 2,7 hectares/cabeça (0,37 cabeça/hectare) num relatório do Projeto Nacional de Bovinos (Barcellos, 1974); 5) A Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) num documento básico para seu programa de incentivos fiscais para pastagens, dá 1 cabeça/hectare como a "capacidade de suporte" de áreas florestais para criação e 2 cabeça/hectare para a engorda (SUDAM, Departamento de Incentivos, 1974); 6) Nigel Smith estima que a "capacidade de suporte" na terra firme amazônica é 1 cabeça/hectare, baseado em entrevistas sobre lotações por hectare em quatro fazendas (Smith, 1977).

Cálculo da "capacidade de alimentação para três anos" para pastagens na Transamazônica

Produtividade das pastagens sob condições médias

Considerando que não se tem disponibilidade de informações suficiente para calcular

a "capacidade de suporte" das pastagens que inclua uma tolerância para mudanças a longo prazo decorrentes do domínio de plantas invasoras e compactação do solo, pode-se estimar algo que poderia ser denominada de "capacidade de alimentação para 3 anos" com base em uma variedade de informações encontradas na bibliografia.

A produtividade anual de peso seco para os pastos sob diferentes condições de solo, tem que ser conhecida para que a capacidade de alimentação dos pastos na Transamazônica possa ser estimada. Esses dados devem resultar de uma variedade de experiências realizadas na Transamazônica e em Belém, considerando que anteriormente não foi feita nenhuma experiência que fornecesse a medida necessária. Quase todas as pastagens ao longo da Transamazônica são de capim colonião *(Panicum maximum)*. Dados locais para estimar a produtividade dessas pastagens não são disponíveis, pois, as experiências realizadas até o momento são ensaios de variedades utilizando canteiros adubados. Dados dessas experiências locais podem ser usados para uma estimativa grosseira da diferença de produção entre essa e uma outra variedade *(Brachiaria decumbens* Stapf) para a qual existe maior quantidade de dados. *Panicum maximum* produz melhor que *Brachiaria decumbens* por um fator de 1,12 (Viégas & Kass, 1974). Nessas experiências, apesar de fertilização com superfosfato, sulfato de amônia, cloreto de potássio e esterco orgânico, a espécie *Panicum maximum* foi descrita como apresentando "desenvolvimento vegetativo pouco satisfatório com visíveis sintomas de deficiência nutricional" (Viégas & Kass, 1974). Além da adubação, observei esses ensaios no melhor tipo de solo da área, a terra roxa — ALFISOL (o relatório, que foi escrito na sede em Belém, está aparentemente errado quando afirma que o solo era do tipo menos fértil, podzólico vermelho amarelo — ULTISOL) (Viégas & Kass, 1974).

Se a diferença relativa de produção entre as duas variedades puder ser considerada como mantida em solos de fertilidade mais baixa, pode-se ter uma noção da produtividade de *Panicum maximum* na área de Altamira, com base no comportamento de *Brachiaria decumbens*, em Belém. As experiências em Belém foram feitas em um tipo diferente de solo (latossolo amarelo—ULTISOL), mas os níveis dos vários nutrientes são similares aos encontrados no podzólico vermelho amarelo, o tipo de solo mais comum na "área de estudo intensivo" da Rodovia Transamazônica que foi o foco dos meus estudos sobre a capacidade de suporte de populações humanas na área (Fearnside, 1978). Os nutrientes do solo, para a área de experiência em Belém, são dados como: Al^{+++} = 1,2 meq/100 g, Ca^{++} e Mg^{++} = 0,59 meq/100 g, P = 4,0 ppm e K = 40,0 ppm (Nota: o relatório (Serrão *et al.*, 1971) dá as unidades para P e K como "kg/ha", mas a inconstância com os dados em outros lugares no relatório, mais o conhecimento de como os resultados de análise de solo da EMBRAPA são divulgados, leva-me a crer que as unidades sejam, na realidade, ppm). As experiências em Belém mostram o valor de 253 kg/ha para a produção da *Brachiaria* (Peso do capim seco) em canteiros não fertilizados, para os primeiros 342 dias, e que corresponderia a aproximadamente 270 kg/ha para um ano de 365 dias. Corrigindo este dado para a diferença de variedade, uma estimativa de 303 kg (peso seco)/ha pode ser feita para o primeiro ano de produção de *Panicum maximum*.

A produção das pastagens, após o primeiro ano, declina acentuadamente, principalmente devido a penetração de plantas invasoras. O problema das invasoras é maior em solo de menor fertilidade. Isto é mostrado pela comparação da porcentagem de plantas invasoras no peso seco total de vegetação como opostas à pastagem em experiências realizadas em áreas de *Brachiaria* em solos de diferentes níveis de fertilidade (Serrão *et al.*, 1971). Os pesquisadores de *Brachiaria* concluem que a menor fertilidade torna impossível às pastagens, competir efetivamente com as plantas invasoras que são adaptadas às condições de baixa fertilidade. Em canteiros não fertilizados de *Brachiaria decumbens*, após 404 dias, 83% do peso seco é constituído por invasoras e, em terrenos de *B. ruziziensis*, depois de 368 dias, 73% do peso seco é constituído de invasoras (Serrão *et al.*, 1971). Estes dados contrastam com as porcentagens de 10 e 0% de

invasoras em canteiros que sofreram um tratamento completo de fertilização. Poder-se-ia esperar invasões ainda maiores de plantas em pastagens ocupadas pelo gado, pois este, seletivamente, iria se alimentando do capim e não das invasoras. Deixando de lado os efeitos de uma maior invasão em pastagens de solo menos fértil e os efeitos do gado, pode-se pelo menos conseguir um dado mínimo sobre o declínio de produção de pastagens após o primeiro ano, com base nos resultados de outra experiência realizada com a *Brachiaria,* num período de 3 anos, em Belém. Aqui os canteiros foram fertilizados anualmente com adubo químico e orgânico e foram carpidos uma vez durante o ano. Os resultados apresentados por *Panicum maximum* no segundo ano é de 63% do rendimento do primeiro ano, e no terceiro ano é de 40% do rendimento do primeiro (Simão Neto *et al.,* 1973).

Usando os resultados das experiências acima mencionadas como estimativa do declínio de rendimento após o primeiro ano, os 303,0 kg/ha (peso seco) de produção no primeiro ano diminuiriam para 190,9 kg/ano no segundo e 148,5 kg/ano no terceiro. Isso daria uma produtividade média da pastagem de 214,1 kg/ha/ano (peso seco), num período de três anos para solos não fertilizados, para esta área de solos representativos. Considerando que a maioria das estimativas que foram necessárias fazer na derivação deste valor são do lado otimista, a produtividade real de gramíneas poderá ser menor que a apresentada pelos dados acima.

PRODUTIVIDADE DE CARNE BOVINA

Valores aproximados, para a conversão de peso seco do capim em carne bovina, podem ser tirados do modelo de um sistema de criação de gado africano delineado por Odum (1971). Odum usa o valor de 4,5 kcal/g de peso seco para a energia contida pela pastagem e o valor de 8.000 kcal/dia como a necessidade metabólica de um boi de 294,8 kg (citando Kleiber, 1961 para o último dado). Isto é equivalente a 27,13 kcal/kg de peso vivo/dia, ou 2,20 kg de peso seco de pasto/kilo de peso vivo/ano.

O peso médio de abate para gado de corte na Amazônia é considerado 330 kg por Nascimento & Moura Carvalho (1973: III-B-32), e 350 kg por Smith (1977), citando dados de F.A.O. (1973) e do Instituto do Desenvolvimento Econômico-Social do Pará (Brasil, IDESP, 1970). A idade média de abate é considerada 4 anos em todas essas referências e 4,5 a 5,6 anos no relatório da EMBRAPA (Barcellos, 1974).

Usando-se o valor de 330 kg como o peso de abate para gado "adulto", o peso seco/kcal e os dados de metabolismo usados por Odum podem ser utilizados para calcular a quantidade de peso seco de pastagem necessaria para manter uma cabeça de gado por ano, resultando no valor de 726,8 kg peso seco/cabeça/ano. Por falta de outros dados, supõe-se que esta taxa de consumo resultaria na taxa de crescimento médio que levaria o gado a atingir o peso de abate de 330 kg em 4 anos. De uma maneira otimista, se supursermos que o gado possa comer todo o capim produzido, a "capacidade de alimentação" no primeiro ano seria 303 kg de peso seco produzido divididos pelos 726,8 kg/cabeça/ano, ou seja 0,42 cabeça/ha para o primeiro ano. A "capacidade de alimentação" no segundo e terceiro ano, seria respectivamente, 0,26 e 0,21 cabeça/ha. A capacidade de alimentação para 3 anos seria portanto 0,30 cabeça/ha.

Existem várias alternativas quanto aos fatores de conversão dos dados da produção em "capacidade de suporte" ou estimativas de produção de carne, disponíveis na bibliografia. Elas levam entretanto, a quase exatamente os mesmos resultados que os fatores de conversão usados por Odum.

Um método alternativo pode ser deduzido dos cálculos de Vicente-Chandler (1975). Segundo ele, a "capacidade de suporte" para um novilho de 273 kg é dada como equivalente a 3,86 kg de nutrientes totais digeríveis por dia. Os nutrientes totais digeríveis foram calculados para um kg de forragem seca formada de capim estrela *(Cynodon plectostachyum)* e capim pangola *(Digitaria decumbens),* usando o valor de 0,54 kg de nutrientes totais digeríveis como igual a um kg de pastagem seca. O método realmente usado por Vicente-Chandler é

o reverso, como é comum na bibliografia de manejo pecuária : os aumentos de peso do gado são medidos e são calculados as quantidades de nutrientes totais digeríveis e a matéria seca que deve ter sido comida. Usando estes valores seria necessário 9,56 kg de peso seco de pastagem/kg de peso vivo de gado por ano. Tem que ser deixado de lado aqui o problema da pastagem plantada em solos deficientes em minerais, tais como fósforo, serem menos nutritivas do que os pesos equivalentes de pastagem plantada em solos mais férteis (Kamprath, 1973). A capacidade de alimentação para novilhos de 330 kg, usando os valores de produção anteriormente estimados para as pastagens da Transamazônica sob condições médias, seria de 0,37 cabeças/ha para o primeiro ano, 0,26 cabeças/ha para o segundo ano, e 0,20 cabeças/ha para o terceiro ano. Isto resulta em uma média para a capacidade de alimentação por três anos de 0,28 cabeças/ha.

Um terceiro método de cálculo também produz um valor semelhante. Uma estimativa da capacidade de alimentação pode ser feita a partir da taxa de peso adquirido para que na idade média de abate de quatro anos fossem atingidos 330 kg, emparelhando a um fator de conversão que relacione as quantidades digeridas às adquiridas. Vicente-Chandler (1975) emprega uma fórmula utilizando pesos de corpo, dias de pastoreio e pesos adquiridos para fazer o cálculo reverso a partir dos pesos adquiridos para a quantidade comida. Ele não forneceu a fórmula, mas a atribui ao "Comitê de Pesquisa da Pastagem (1943)" sem apresentar citação bibliográfica. De 17 de tais conversões feitos no artigo de Vicente-Chandler os fatores de conversão estão todos quase juntos à média de 0,14 kg de peso adquirido/kg de nutrientes digeríveis consumidos (a variação é 0,12 — 0,16, DP = 0,01). Usando o fator de conversão de 0,54 para converter matéria seca em nutrientes totais digeríveis, pode-se estimar a 187 kg/ha a produção anual média de nutrientes totais digeríveis no decorrer de um período de 3 anos. O peso potencial adquirido pelo gado a partir disto, supondo que o gado tenha comido todo o capim, é então de 26,2 kg de peso adquirido/ha/ano em média para os três anos. Desde que um novilho tem que adquirir uma média de 82,5 kg/ano a fim de atingir o peso de 330 kg em quatro anos, a capacidade de alimentação por três anos pode ser estimada em 26,2 dividido por 82,5, ou seja 0,32 cabeças/ha.

Não constitui surpresa o fato de que o valor de 0,32 cabeças/ha, a partir do peso adquirido, esteja próximo tanto do valor 0,30 cabeças/ha derivado das conversões de calorias de Odum quando do valor de 0,28 cabeças/ha derivado do fator de conversão "capacidade de suporte" de Vicente-Chandler. O fato de que esses valores de "capacidade de alimentação por três anos" sejam mais baixos do que a maioria das taxas de lotação por hectare, acentua a crítica em se usar a taxa de lotação como uma estimativa da "capacidade de suporte" da pastagem.

Os três anos de capacidade de alimentação das pastagens deveriam corresponder a grosso modo à taxa máxima de lotação por hectare que pagariam na base de curto termo pela pastagem do tipo que inclui tanto às áreas de pasto que estão realmente em uso em qualquer ponto no tempo quanto pastagens de onde o gado foi temporariamente excluído para permitir recrescimento, mas não áreas de capoeira que vão se recuperando entre períodos de uso como pastagem. Uma taxa de lotação por hectare deveria ser mais baixa do que esta se o fazendeiro estivesse preocupado com a prevenção contra degradação de pastagens, assim como da produção máxima a curto prazo.

Ciclos prováveis de manejo de pastagem na rodovia Transamazônica

A pergunta sobre o que acontece à produção de pastagem após o terceiro ano permanece. Minhas entrevistas com fazendeiros da antiga área de colonização na região ao norte de Altamira, que tinha sido colonizada bem antes da construção da rodovia Transamazônica, revelaram que as pastagens são queimadas aproximadamente a cada três ou quatro anos depois da exclusão de gado por uns poucos meses. Elas são deixadas em capoeira por períodos mais longos, altamente variáveis. Capins de pastagem tais como Jaraguá (*Hyperrhenia rufa* Nees Etapf) e mais tarde o Colonião

(*Panicum maximum*) somente apareceram na região de Altamira depois de 1968. Esses capins têm tornado possível manter às áreas em pastagem sem repouso por períodos mais longos do que era possível anteriormente, quando as únicas variedades disponíveis tinham de ser plantadas por mudas ao invés de sementes; eram muito sensíveis à estiagem no período após a queimada e só duravam quatro a cinco anos antes que fosse necessário um período de repouso em capoeira. Mesmo com capins resistentes, tais como *Panicum maximum*, os períodos de repouso parecem ser o melhor modo de se tratar o crescimento inexorável das populações de ervas daninhas. Numerosas pastagens podem ser observadas retornando a crescimento secundário lenhoso tanto na rodovia Transamazônica como na rodovia Belém-Brasília. Também, vi diversas pastagens velhas (com datas de derrubada de 1912 até 1955) perto de Altamira que não tinham repousado durante muitos (10-20) anos e que agora foram completamente invadidas por hortelã (Lamiaceae) não comestível. Estas pastagens também têm o solo duro extremamente compactado. O processo de compactação do solo sob pastagem e as taxas de recuperação sob capoeira são discutidos separadamente (Fearnside, 1978).

O manejo da pastagem pode ser considerado como uma resposta a três tipos de ciclos de degradação-regeneração. Primeiro existe uma degradação a curto prazo resultante da remoção do capim através de pastoreio e da invasão de algumas ervas daninhas baixas. Isto pode ser combatido afastando o gado da pastagem periodicamente durante um mês ou dois, usando um sistema de rotação entre subdivisões cercadas na fazenda. Isto permite o recrescimento do capim e expulsão das ervas daninhas. Segundo, existe uma degradação a meio tempo resultante da invasão de capoeira lenhosa. Isto requer a queimada da pastagem, ou pelo corte da capoeira e queimada da pastagem a cada três ou quatro anos, ou deixando a pastagem em um período curto de repouso em capoeira seguido de roçada e queimada. Um terceiro tipo de degradação é uma possível deterioração a longo prazo dos níveis de nutrientes e da estrutura do solo. Períodos muito longos de repouso seriam necessários para conter este tipo de degradação.

A questão importante com respeito ao repouso da terra da pastagem não é a de com que freqüência ou por quanto tempo um colono deve colocar sua terra em repouso, mas a de com que freqüência e por quanto tempo ele irá realmente fazer isto. Existe pouca justificativa para esperar que sua decisão seja baseada na consideração de benefícios a longo prazo, ao invés de uma imediata comparação do valor da produção de carne a partir da manutenção de uma certa área de terra em pastagem por um ano a mais **versus** o trabalho requerido para controlar as ervas daninhas invasoras. Desde que dados adequados sobre tal comportamento não estão disponíveis, devemos nos contentar somente com uma estimativa grosseira de qual período de pastoreio ou repouso é mais provável. Minha sugestão é a de um período de pastoreio de aproximadamente cinco anos. Um período de repouso de um mínimo de dois anos seria necessário para permitir um suficiente recrescimento que facilitasse a roçagem. Tal repouso curto, entretanto, somente poderia ser seguido pelo uso como pastagem, uma vez que um período mais longo de repouso de, digamos, cinco anos, provavelmente seria necessário para permitir que as sementes de capim no solo morressem caso o colono desejasse plantar culturas anuais seguindo a roçagem e queima da capoeira. A extensão real do tempo em que uma área de terra é deixada em repouso, além desses valores mínimos estimados, dependeria da quantidade de trabalho disponível ao colono depois de alocar o seu esforço para quaisquer outras tarefas de prioridade mais alta.

Alguém pode somente conjeturar as produções de pastagem em peso seco que poderiam ser esperadas no quarto e quinto anos, desde que houvessem influências competidoras operando a partir do melhoramento resultante da queimada e da contínua deterioração causada pela invasão de ervas daninhas, assim como a compactação do solo e outros problemas. Por falta de outros dados, podemos fazer uma suposição provavelmente otimista da produtividade contínua ao nível do terceiro ano durante o quarto e quinto anos. Usando a estimativa

do terceiro ano a partir do valor de Odum, teríamos dois anos adicionais de capacidade de alimentação a 0,21 cabeças/ha, o que abaixaria a média da capacidade de alimentação por cinco anos para 0,26 cabeças/ha. Se o período mais curto de dois anos de repouso fosse também incluído, então a capacidade média de alimentação para o ciclo de sete anos seria ainda mais reduzida a 0,19 cabeças/ha.

Previsão da produção da pastagem a partir da fertilidade do solo

Experimentos de adubação com gramíneas forrageiras tornaram claro que se espera grandes diferenças na produtividade conforme a fertilidade do solo, independentes de quaisquer outros problemas tais como invasão das ervas daninhas e compactação do solo. Nos experimentos de adubação feitos com *Brachiaria*, em Belém, descobriu-se que a adubação fosfatada teria o maior efeito na produtividade, seguida pelo potássio (Serrão *et al.*, 1971). Os níveis de fósforo na rodovia Transamazônica são muito baixos, usualmente (mas não sempre) menores do que os valores relatados para os canteiros adubados em Belém, logo, as relações entre fósforo e produção achadas em Belém pode ser aplicáveis à rodovia Transamazônica. Precisa-se supor que o *Panicum maximum* usado na rodovia Transamazônica responda ao fósforo da mesma forma que a *Brachiaria decumbens* usada nos experimentos. Respostas bem positivas ao fósforo pelo *Panicum maximum* foram obtidas em Paragominas, Pará (Koster *et al.*, 1977).

Podemos esperar que a resposta da pastagem ao fósforo siga o mesmo padrão de linear com "plateau" ("Linear Response Plateau") característico da maioria das culturas, para estimar o valor crítico para o fósforo do solo, acima do qual aumentos na produção não poderiam ser esperados; foram usados os resultados de um experimento diferente de fertilização da *Brachiaria decumbens*, feito na zona de cerrado do Brasil. As produções de matéria seca a três níveis, de quatro diferentes fertilizantes fosfatados, foram estimadas a partir do gráfico da resposta a níveis diferentes de fertilização (North Carolina State University. Soil Science Department, 1974: 198). Estes valores de produção foram colocados em gráficos, em relação com níveis de fósforo do solo, a partir de amostras que tinham sido tomadas por volta do meio do período experimental (North Carolina State University. Soil Science Department, 1974: 101). Os níveis críticos do fósforo do solo foram estimados graficamente por meio do uso do método "Linear Response Plateau", descrito por Waugh *et al.*, (1975). Os valores críticos para dois dos tipos de fertilizantes foram estimados em 10 ppm, um terceiro tipo em 17 ppm, e um quarto tipo em 22 ppm. O valor mais otimista de 10 ppm (correspondente a uma resposta mais intensa ao fósforo) foi escolhido para a estimativa das respostas do *Panicum maximum* em Altamira. Uma concentração "ótima" de fósforo de 25 ppm para *Panicum maximum* foi encontrada em um experimento em Puccalpa, Peru, mas este valor não foi usado uma vez que o solo foi descrito como um solo raro, com capacidade excepcionalmente baixa de fixação do fósforo (North Carolina State University. Soil Science Department, 1974).

Estimei a relação entre produções de pastagem e níveis de fósforo do solo usando os dados extraídos de resultados de experimentos de adubação de *Brachiaria* feitos em Belém (Serrão *et al.*, 1971). Nos experimentos com *Brachiaria*, as amostras do solo foram tomadas na ocasião de cada um dos oito cortes relatados, e os valores aproximados para fósforo puderam ser tomadas a partir dos gráficos apresentados no relatório. A produção de peso seco de capim do canteiro que recebeu um tratamento completo de fertilizantes pode ser comparada com a do canteiro que recebeu o tratamento completo menos o fósforo. O terreno que não recebeu fósforo pela adubação teve os níveis de fósforo do solo constantes no decorrer do experimento em cerca de 2 ppm, enquanto que as concentrações no canteiro com o tratamento completo variaram de 2 até 15 ppm. Se calcularmos a produção de cada corte para o canteiro que recebeu fósforo adicional como uma proporção da produção para aquele corte no canteiro sem fósforo adicional, podemos ver uma tendência ligando os índices mais altos de fósforo às produções mais altas.

Usando o valor crítico estimado de fósforo de 10 ppm como o início da parte plana da curva de resposta, se pode fazer uma regressão sobre os valores das oito produções. Aos níveis de fósforo acima de 10 ppm foram designados valores de 10 ppm como seria previsto a partir do modelo de "Linear Response Plateau". Todos os valores de fósforo foram então convertidos a valores de fósforo em excesso das 2 ppm no canteiro testemunho (aqui o canteiro completo menos fósforo), e todas as produções foram expressas como proporções do testemunho com um excesso de 1,0. Estas manipulações permitiram que a regressão fosse forçada através da origem. A regressão é apresentada na Tabela 1.

TABELA 1 — Regressão da produção da pastagem sobre fósforo.

Regressão		4,84 A
Erro Padrão		1,27
t estatístico		3,82
Significância		< 0,01
Correlação Parcial		0,82
R - Quadrado = 0,44	F estatístico = 14,55	
N = 8		

Abreviaturas: Y = (produção com fósforo/produção sem fósforo) — 1,0
A = ppm fósforo — 2,0
Nota: A variação do fósforo é $0 < A < 8$ ppm.

As equações resultantes para previsão da produção da pastagem a partir do fósforo do solo são as seguintes:

$$Y = B\,(4{,}84\,P - 8{,}68)\,W_t \quad \text{para } P < 10 \text{ ppm}$$

$$Y = 39{,}72\,B\,W_t \quad \text{para } P \geq 10 \text{ ppm}$$

onde:

Y = produção da pastagem em kg de peso seco/hectare/ano.

B = produção base (produção esperada do primeiro ano em kg de peso seco/hectare para a variedade a 2 ppm de fósforo.

W = fator ano (diminuição proporcional a partir da produção do primeiro ano devido à invasão de ervas daninhas). Os valores são:

$W_1 = 1{,}00 \quad W_2 = 0{,}63 \quad W_3 = 0{,}49$

t = o ano.

A figura 1 apresenta os dados a partir da regressão da Tabela 1, mostrando o efeito do fósforo, com ajustamento apropriado dos eixos para expressar a produção como uma proporção da produção não fertilizada (fósforo 2 ppm) e o nível de fósforo em ppm.

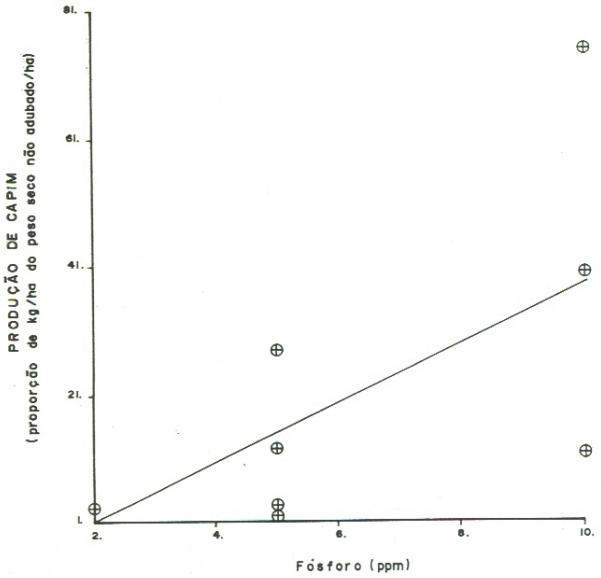

Fig. 1 — Regressão das produções de pastagem sobre o fósforo.

Resultados da simulação

Os procedimentos de previsão da produção de pastagem, a partir dos nutrientes do solo com os efeitos do ano resultantes das invasões de ervas daninhas discutidos aqui, foram incorporados em simulações por computador os quais têm sido usados não só como uma parte do modelo completo para estimativa da capacidade de suporte em uma parte da rodovia Transamazônica (Fearnside, 1978), mas também como simulações separadas apenas de produções de gado. As mudanças que acon-

tecem no solo sob pastagem (Fearnside, s/db) estão incluídas também nas mesmas simulações. A produção de capim é convertida em kg de peso vivo adquirido pelo gado bovino por ano. Os resultados de uma execução determinística do programa AGRISIM simulando produções de gado, são apresentados na figura 2.

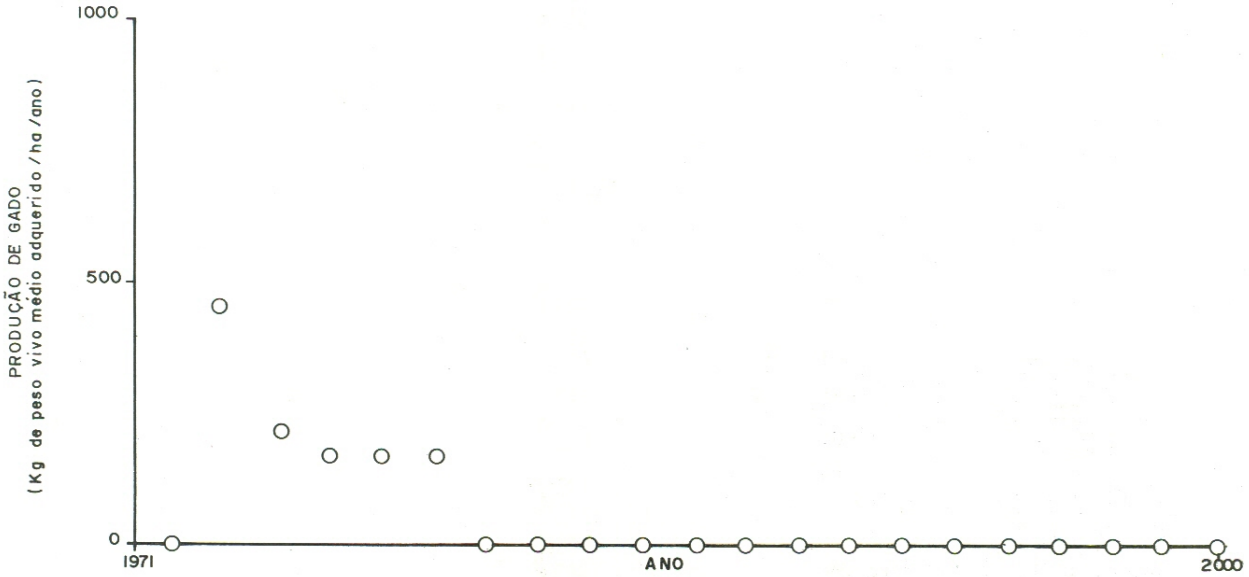

Fig. 2 — As produções de gado a partir da simulação AGRISIM. As produções são expressadas em kg de peso vivo adquirido pelo gado, por hectare, por ano. As produções declinam bastante devido à invasão de ervas daninhas.

Deve se tomar cuidado na interpretação de resultados simulados, como os apresentados na figura 2, porque tais resultados não pretendem representar projeções de produções em anos determinados. Os anos apresentados na figura pretedem somente orientar o leitor a respeito do horizonte de tempo usado na simulação.

O forte declínio nas produções de gado, indicadas pela figura 2, é o resultado da invasão da pastagem pelas ervas daninhas. Se os efeitos das ervas daninhas fossem arbitrariamente excluídos das simulações, o resultado seria uma produção constante a níveis perto das produções do primeiro ano da figura 2. Os baixos níveis de fósforo do solo restringiram o crescimento do capim, resultando em produções de gado substancialmente abaixo das projeções oficiais, mesmo que se deixe de lado os efeitos das ervas daninhas. Entretanto, os efeitos das ervas daninhas não podem ser deixados de lado no mundo real. Diversas suposições, inerentes na simulação, tais como: que o gado consome todo o capim produzido e que o fazendeiro mantém a taxa de lotação por hectare ao nível da capacidade de alimentação da pastagem, significam que as produções reais podem ser inferiores às que foram indicadas.

Na execução simplificada apresentada aqui, onde uma só área da terra é examinada, sem a complexidade adicional dos procedimentos de alocação do uso de terra, etc., incluídos no modelo completo de capacidade de suporte, a área simulada não é replantada depois que a pastagem tenha sido substituida por ervas daninhas invasoras. No modelo completo tal reemprego como pastagem é permitido depois de um período apropriado de repouso sob crescimento secundário.

Conclusões

As produções de gado a serem esperadas de pastagens, tais como as que estão sendo plantadas ao longo da rodovia Transamazônica, podem ser previstas a partir: de informações disponíveis sobre as mudanças do solo sob pastagem, da relação dos níveis de nutrientes do solo com o crescimento do capim,

dos fatores de conversão para converter os pesos secos do capim em aquisição de crescimento do gado, e das informações sobre os efeitos das ervas invasoras na pastagem. Muitas afirmações de alta "capacidade de suporte" da pastagem na Amazônia brasileira são baseadas em observações a curto prazo das taxas de lotação ao invés de informação que indicasse sustentabilidade a longo prazo. Uma simulação, incorporando tanto ervas daninhas quanto efeitos do solo, fornece razão séria para duvidarmos do potencial da pastagem para fornecer as produções sustentáveis que os planejadores atualmente antecipam.

Agradecimentos

A lista de pessoas e instituições merecedores de agradecimentos, pela ajuda durante a execução do projeto do qual o presente artigo é uma parte, é muito maior do que a aqui mencionada. Os colonos da rodovia Transamazônica são os primeiros. O Dr. Paulo E. Vanzolini merece agradecimento especial pela ajuda e encorajamento desde o começo de meu trabalho no Brasil. O Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Úmido da EMBRAPA merece agradecimentos pelo apoio logístico, bem como pelas análises químicas das amostras do solo. O Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, a Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural, e o Museu Paraense Emílio Goeldi, merecem reconhecimento pelo apoio logístico durante o trabalho de campo. Verbas para várias partes do projeto vieram da National Science Foundation Dissertation Improvement Grant GS-42869, de uma bolsa de pre-doutorado da Resources for the Future, duas bolsas do Institute for Environmental Quality, a Universidade de Michigan, e o Programa do Trópico Úmido do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Nenhuma das posições expressadas neste trabalho são de responsabilidade das organizações que financiaram o projeto. O mesmo pode ser dito para as muitas pessoas que, tanto no Brasil como nos Estados Unidos, discutiram e comentaram o projeto. Agradeço a todas elas. Todos os erros de interpretação, se houverem, são exclusivamente de minha responsabilidade.

Summary

The Brazilian government is presently encouraging the rapid development of cattle pasture in large parts of the Amazon Basin through a massive program of financial and tax incentives. This has heen encouraged by recent claims in Brazil that pasture improves soil quality, and therefore presumably could supply an indefinite yield of cattle to the ranchers that are responding to the incentives program. Calculation of beef productivity to be expected in areas such as Brazil's Transamazon Highway by a variety of means all lead to the conclusion that government expectations are overoptimistic. The present paper develops equations for prediction of cattle yields for a study area on the Transamazon Highway including the effects of both soil nutrients and competition from weeds. Low levels of soil phosphorus and invasion of inedible weeds soon reduce grass and cattle yields to very low levels. Results of a computer simulation of cattle yields based on the relationships developed linking yields to soil nutrients and weeds, and on the soil information gathered in the Transamazon Highway study area, are presented. The pasture simulation forms a part of a larger simulation of the agroecosystem of the Transamazon Highway colonists which is aimed at assessing the importance of various factors on the carrying capacity of the area for human populations. Although the carrying capacity study shows that agriculture based largely on annual crops is a risky business, it also casts doubt on the presumption of secure and sustainable yeilds from the pasture development schemes currently being promoted in the Brazilian Amazon.

Bibliografia

Barcelos, J. M.

1974 — Subsídios e diretrizes para um programa de pesquisa com bovinocultura na região norte; in **Reunião do Grupo Interdisciplinar de Trabalho sobre Diretrizes de Pesquisa Agrícola para a Amazônia (Trópico Úmido), Brasília, Maio 6 — 10, 1974**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, (Brasília, EMBRAPA) Vol. 2: 6.1 — 6.55.

Brasil, Instituto do Desenvolvimento Econômico-social do Pará (IDESP)

1970 — **Evolução e Características da Pecuária no Estado do Pará**, (Belém, IDESP).

Falesi, I. C.

1974 — O solo na Amazônia e sua relação com a definição de sistemas de produção agrícola; in **Região do Grupo Interdisciplinar de Trabalho sobre Diretrizes de Pesquisa Agrícola para a Amazônia (Trópico Úmido), Brasília, Maio 6-10, 1974**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, (Brasília, EMBRAPA) Vol. 1: 2.1 — 2.17.

1976 — **Ecossistema de Pastagem Cultivada na Amazônia Brasileira,** Boletim Técnico do Centro de Pesquisas Agropecuária do Trópico Úmido (CPATU) N.° 1, (Belém, CPATU) 193 pp.

FEARNSIDE, P. M.

1978 — **Estimation of Carryng capacity for Human Populations in a part of the Transamazon Highway Colonization Area of Brasil.** (University of Michigan Ph.D. dissertation in Biological Sciences, Ann Arbor, Michigan) University Microfilms, Ann Arbor, 624 p.

1979 — Cattle yield prediction for the Transamazon Highway of Brazil. **Interciencia** 4(4): 220-225.

s/da — **A Simulação da Capacidade de Suporte para Populações Humanas nos Trópicos Úmidos: Programa de Computador e Documentação**. (No prelo, INPA).

s/db — Os efeitos das pastagens sobre a fertilidade do solo na Amazônia Brasileira: Conseqüências para a sustentabilidade de produção bovina. (No prelo, **Acta Amazonica).**

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO)

1973 — Report of the ICP mission to Brazil: agroindustrial potential of legal Amazonia. Document DDI G/73/53, Rome, UN-FAO 125 p.

KAMPRATH, E. J.

1973 — Phosphorus: in **A Review of Soil Research in Tropical Latin America.** P. A. Sanchez, Ed., Raleigh, North Carolina State University Soil Science Department: 135-161.

KLEIBER, M.

1961 — **The Fire of Life.** New York, John Wiley and Sons.

KOSTER, H. W.; KHAN, E. J. A. & BOSSHART, R. P.

1977 — Programa e resultados preliminares dos estudos de pastagens na região de Paragominas, Pará, e nordeste de Mato Grosso, junho 1975 — dezembro 1976. Belém, Ministério do Interior, Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia, Departamento de Setores Produtivos, Convênio SUDAM/Instituto de Pesquisas IRI, 31 p.

NASCIMENTO, C.N.B. DO & MOURA CARVALHO, L.O.D. DE

1973 — Informações de aspectos pecuários brasileiro; in **Reunion Técnica de Programacion sobre Desarrollo Ganadero de Trópico Humedo Americano, Guyaquil; Equador, Diciembre 10-14, 1973. Informe de Conferencias, Cursos y Reuniones N.° 30,** Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas de la OEA, (Belém, IICA-TRÓPICOS) III-B-1-III-B-57.

NORTH CAROLINA SATTE UNIVERSITY. SOIL SCIENCE DEPARTMENT

1974 — **Agronomic-Economic Research on Tropical Soils,** N.C.S.U. Soil Science Department Annual Report for 1974, Raleigh, North Carolina, N.C.S.U. Soil Science Department, 230 p.

ODUM, H. T.

1971 — **Environment, Power and Society,** New York, John Wiley and Sons, 331 p.

SERRÃO, E. A. S. & SIMÃO NETO M.

1971 — Informações sobre duas espécies de gramíneas forrageiras do gênero **Brachiaria** na Amazônia: **B. decumbens** Stapf. e **B. ruziziensis** Germain et Everard. **Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte (IPEAN) Série: Estudos sobre Forrageiras na Amazônia,** 1(1): 31 p.

SERRÃO, E. A. S.; CRUZ, E. DE S.; SIMÃO NETO M.; SOUSA, G. F. DE; BASTOS, J. B. & GUIMARÃES, M. C. DE F.

1971 — Resposta de três gramíneas forrageiras (**Brachiaria decumbens** Stapf., **Brachiaria ruziziensis** Germain et Everard e **Pennisetum purpureum** Schum.) a elementos fertilizentes em latosolo amarelo textura média. **Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte (IPEAN) Série: Fertilidades do Solo,** 1(2): 388.

SIMÃO NETO, M.; SERRÃO, E. A. S.; GONÇALVES, G. A. & PIMENTEL, D. M.

1973 — Comportamento de gramíneas forrageiras na região de Belém. Comunicado Técnico N.° 44 do Instituto de Pesquisas Agropecuária do Norte, Belém, IPEAN, 19 p.

SMITH, N.J.H.

1977 — Influências culturais e ecológicas na produtividade agrícola ao longo da Transamazônica. **Acta Amazonica,** 7 (1): 23-38.

SUDAM, DEPARTAMENTO DE INCENTIVOS

1974 — Considerações sobre a pecuária na Amazônia (Documento preliminar apresentado ao IV SERAM-AGROPECUÁRIA-São Paulo - SP, — 04 a 08/02/74), SUDAM, São Paulo, 48 p.

VICENTE-CHANDLER, J.

1975 — Intensive management of pastures and forages in Puerto Rico; in **Soil Management in Tropical America: Proceedings os a Seminar held at CIAT, Cali, Colombia, February 10-14, 1974.** E. Bornemisza & A. Alvarado. Eds., Raleigh, North Carolina, North Carolina State University Soil Science Department, 409-452.

VIÉGAS, R. M. F. & KASS, D. C. L.

1974 — Resultados de trabalhos experimentais na Transamazônica no período 1971 a 1974, Belém, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte (EMBRAPA-IPEAN) 54 p.

WATTERS, R. F.

1971 — **Shifting Cultivation in Latin America,** United Nations Food and Agriculture Organization Forestry Development Paper N.° 17, Rome, UN-FAO, 305 p.

WAUGH, D. L.; CATE JR., R. B.; NELSON, L. A. & MANZANO, A.

1975 — New concepts in biological and economical interpretation of fertilizer response; in **Soil Management in Tropical America: Proceedings of a Seminar held at CIAT, Cali, Colombia, February 10-14, 1974.** E. Bornemisza and A. Alvarado, Eds., Raleigh, North Carolina, North Carolina State University Soil Science Department: 484-563.

(Aceito para publicação em 20/07/79).