

# Carbon accounting methods

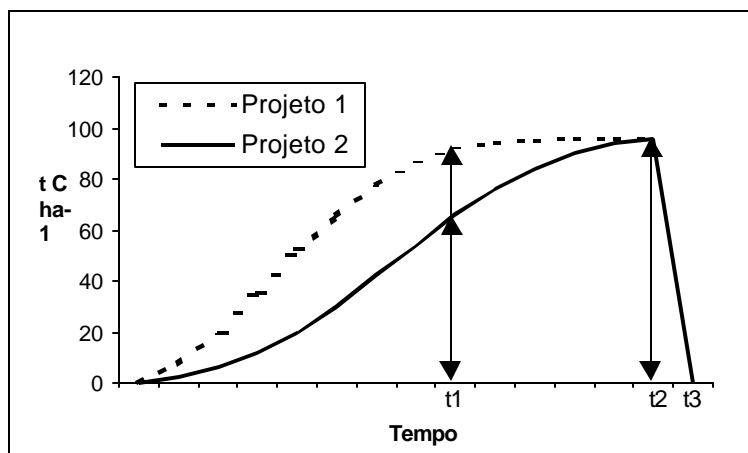
Pedro Moura Costa  
Ecosecurities, Ltd.  
Junho 2000

Vários enfoques têm sido usados para medir a efetividade da mitigação do gás de efeito estufa nos projetos de uso do solo e florestas. Alguns estão baseados em medições absolutas de um momento temporal, enquanto outros tomam em conta a dimensão temporal do seqüestro e armazenagem do carbono. Estes métodos são discutidos abaixo e uma comparação dos resultados, usando diferentes métodos, é apresentada na Tabela 1.

## Método da mudança na armazenagem<sup>1</sup>.

O método mais comum usado para expressar a armazenagem do carbono é baseado no cálculo diferencial da armazenagem do carbono entre um projeto e sua linha de base em um momento determinado. Este método é referido como o *método da mudança na armazenagem* (antigamente referido como *método de flow summation*), e suas medições são geralmente expressadas em  $t\ C\ ha^{-1}$ . Não obstante, é um método bastante limitado devido a que proporciona somente uma “fotografia” do carbono fixado cujos valores resultantes variarão conforme a decisão, freqüentemente arbitrária, de quando contabilizar para os benefícios do projeto. Além disso, este método não faz diferenciações entre projetos que recebem créditos cedo antes que tarde. Pôr estas razões, este método não proporciona um instrumento útil para comparações entre projetos.

Pôr exemplo, a Figura 1 ilustra a projeção de carbono armazenado em duas hipotéticas plantações de árvores, com diferentes taxas de crescimento. As flechas ilustram que a medida da modificação do estoque verificada no tempo  $t1$  proporciona diferentes resultados entre os dois projetos, mas o mesmo resultado pode ser alcançado se a medição é verificada no tempo  $t2$ . Se as medições são verificadas no tempo  $t3$ , depois das colheitas, resultados totalmente distintos pode ser alcançados para ambos projetos, em relação à medida no  $t2$ .



[

**Figura 1** Projeção do carbono armazenado em duas plantações de árvores com diferentes taxas de crescimento. Para simplificar, se assume que, a linha de base é zero e que a colheita conduz a uma imediata

<sup>1</sup> “Stock Change Method” no original em inglês (N. do T.).

liberação do carbono armazenado. As flechas ilustram a armazenagem bruta do carbono nos projetos em diferentes pontos do tempo, calculado pelo método da mudança na armazenagem.

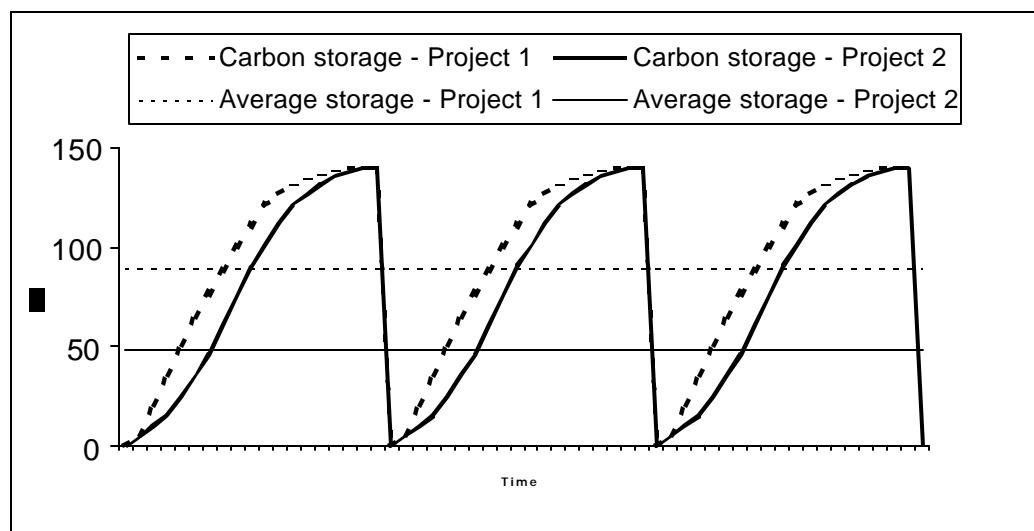
## Método da media de armazenagem <sup>2</sup>

Para contabilizar em sistemas dinâmicos, v. g., projetos de florestação, nos quais tomam lugar as operações de plantação, colheita e replantação, um enfoque alternativo tem sido usado (v.g., Dixon *et al.*, 1991; 1994, Masera, 1995), denominado *método da media de armazenagem* (Schroeder, 1992). Este método consiste em calcular uma media da quantidade de carbono armazenado **em um lugar além do largo prazo** de acordo com a seguinte equação:

$$\text{Average net carbon storage (tC)} = \frac{\sum_{t=0}^{t=n} (\text{carbon stored in project} - \text{carbon stored in baseline}), \text{intC}}{n \text{ (years)}}$$

onde  $t$  é tempo,  $n$  é a estrutura temporal do projeto (anos), e as medições são expressadas em  $t \text{ C ha}^{-1}$ . A vantagem deste método é que se contabilizam as dinâmicas da armazenagem do carbono, e não apenas os momentos escolhidos para a contabilidade. Este método também é útil para comparar diferentes projetos com distintos padrões de crescimento. Como se mostra na Figura 2, a media da armazenagem desde três rotações do projeto 1 é maior que as do projeto 2. Não obstante, a carência deste método se relaciona com a ainda subjetiva estrutura temporal,  $n$ , escolhida para possibilitar a análise. No caso da Figura 2, v.g., a media da armazenagem do carbono bruto em cada projeto será igual quando o cálculo for representado para uma, duas, ou infinitas rotações, enquanto o denominador escolhido para a equação supra coincida com o último ano da rotação.

**Figura 2.** Projeção do carbono armazenado em duas plantações de árvores sobre três rotações. Para



simplificar, se assume que a linha de base é zero, onde a colheita conduz a uma imediata liberação do carbono armazenado, e onde o equilíbrio da reserva de carbono é alcançado no primeiro ciclo de rotação. As curvas ilustram a armazenagem do carbono através do tempo, e as linhas retas horizontais demonstram a média de armazenagem calculada para ambos projetos.

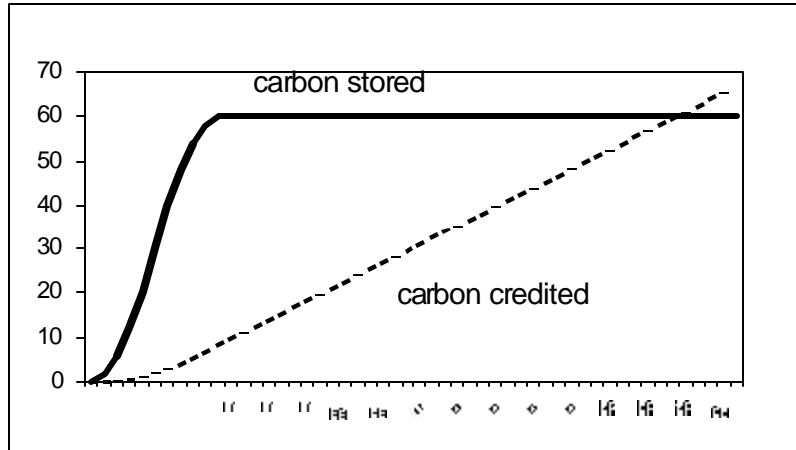
<sup>2</sup> “Average storage method” no original em inglês (N. do Trad.)

## Enfoques alternativos

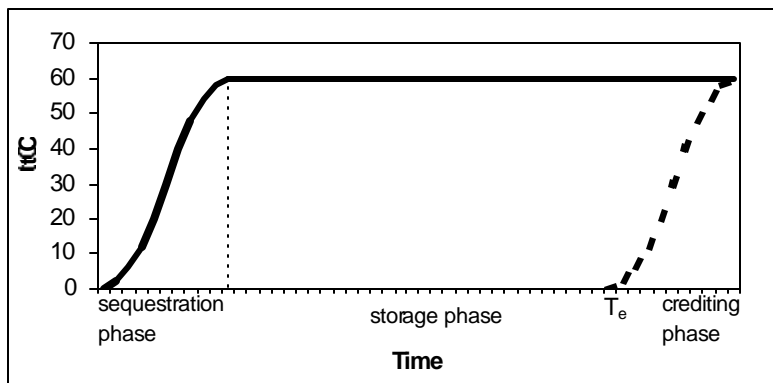
Enfoques alternativos têm sido propostos para melhorar a direção da dimensão temporal da armazenagem de carbono. Em sua maioria estão baseados na adoção de unidades de medidas bidimensionais que refletem a armazenagem no tempo, i.e., a ton – C ano. O conceito da unidade ton-ano tem sido proposta pôr muitos autores (Moura-Costa, 1996; Fearnside, 1997; Greenhouse Challenge Office, 1997; Chomitz, 1998; Tipper e de Jong, 1998; Dobes *et al.*, 1999; Moura-Costa e Wilson, 2000; Fearnside et al., 2000; Maclaren, 2000). O conceito geral do enfoque ton-ano está na aplicação de um fator de substituição do efeito climático da armazenagem temporal de carbono  $T$  em uma quantidade equivalente de emissões evitadas (este fator é referido como *fator de equivalência*, ou  $E_f$ ) e varia desde 0.007 a 0.02 (Dobes *et al.*, 1999; Tipper e de Jong, 1998; Moura-Costa e Wilson, 2000). Este fator se deriva do conceito “tempo de equivalência” (referido como  $T_e$ ), i.e., a duração de tempo que o CO<sub>2</sub> deve ser armazenado como carbono em biomassa ou solo para prevenir os efeitos radioativos obrigatórios exercidos pôr uma quantia similar de CO<sub>2</sub> durante sua residência na atmosfera (Moura-Costa e Wilson, 2000).

Sem tomar em consideração o método usado para calcular os fatores de equivalência podem ser utilizados para calcular os benefícios do GEE dos projetos de bosques. Aplicações diferentes têm sido propostas (Moura-Costa and Wilson, 2000), e na prática uma combinação de enfoques podem ser usados, como as seguintes:

- *Equivalência ajustada da media de armazenagem*, usando  $T_e$  como o denominador da equação da *media de armazenagem* (ver supra). Este método pode ser usado para padronizar a forma na qual o método da media de armazenagem é comumente utilizada;
- *Crédito de mudança de armazenagem com ajuste de responsabilidade ton-ano* – prestar créditos de projetos de acordo com o método de mudança de armazenagem, mas usando ton-ano para calcular a quantidade de crédito a ser removido no caso de qualquer incumprimento (no caso de que ocorram eventos de risco);
- *Fator de equivalência de crédito anual (ton-ano)*, pelo qual um projeto recebe créditos anuais com uma fração do total de seus benefícios GEE, determinado pela quantidade de carbono armazenado cada ano, e convertido usando o fator de equivalência  $E_f$  (Figura 3). Este enfoque poderá desencorajar em grande forma a implementação de projetos de mitigação GEI baseados nas florestas;
- *Crédito total de equivalência tardia*, apenas reconhece a totalidade dos benefícios do seqüestro de carbono depois da armazenagem por um período de tempo  $T_e$  (Figura 4). É assim como estes créditos tardios irão desencorajar a implementação de projetos de mitigação GEE baseados nas florestas;
- *Crédito ton-ano ex-ante* – prestando aos projetos uma quantidade de créditos no início do projeto, de acordo com a duração planificada do projeto, usando o enfoque ton-ano. Isto reduzirá as desvantagens que os créditos tardios poderão criar para os executores dos projetos.



**Figura 3.** Projeção do carbono armazenado em um projeto de florestação (assumindo que a linha de base seja zero), ilustrando o conceito de *fator de equivalência de crédito anual (ton-ano)*. O projeto recebe créditos anuais calculado pela quantidade total de carbono armazenado em determinado ano, multiplicado por um fator equivalente,  $E_f$ . Alternativamente (no caso do *crédito de mudança de armazenagem com ajuste de responsabilidade ton-ano*), os créditos poderão ser dados conforme o carbono é armazenado (linha contínua), e no caso de qualquer evento que conduza à liberação do carbono armazenado, a quantidade de créditos a ser devolvidos poderá ser calculado como a diferença entre a linha contínua e a linha pontilhada em um ponto do tempo.



**Figura 4.** Projeção do carbono armazenado em um projeto de florestação (assumindo que a linha de base seja zero), ilustrando o conceito de crédito total de equivalência tardia. Neste exemplo, o projeto apenas recebe créditos depois que as plantações de árvores tenha crescido e seja mantida por um período de tempo,  $T_e$ .

Se algum enfoque de *fator de equivalência ton-ano* é usado, a armazenagem de carbono pode ser creditada de acordo com a estrutura temporal sobre a qual a armazenagem toma lugar. Como um sistema de crédito reduzirá a necessidade de garantias a longo prazo e portanto os riscos associados com as estruturas de longo prazo. Se a floresta que armazena esta reserva de carbono sofrer algum dano, a proporção da perda dos créditos de carbono poderá ser facilmente calculada. Este método também toma em consideração

comparações entre projetos. A principal desvantagem deste método é que ainda existe muitas incertezas em relação à permanência do CO<sub>2</sub> na atmosfera, e conseqüentemente os valores dos parâmetros de equivalência  $T_e$  and  $E_f$ . Dependendo da maneira na qual o cálculo ton-ano é usado (ver lista acima), talvez possa existir desvantagens em relação ao momento em que ocorra o crédito, desencorajando a implementação de projetos de mitigação GEE baseados em florestas (particularmente no caso dos enfoques do *fator de equivalência de crédito anual* e *crédito de equivalência tardia*). Uma comparação dos benefícios GEE em cada método é demonstrado na tabela 1.

**Tabela 1.** Comparação dos benefícios GEE (t C/ha) atribuídas a um projeto de sequestro em diferentes pontos do tempo, de acordo com as distintas metodologias de cálculo de carbono. Valores positivos denotam os benefícios GEE (créditos), e os valores negativos demonstram “devolução” dos benefícios (remoção de créditos). Os cálculos estão baseados em um exemplo de projeto de florestação conduzido por tres rotações de 18 anos cada uma. Se assume que ao final de cada rotação, a armazenagem de carbono no bosque alcança 140 t C/ha, e que a colheita reduz o estoque de carbono a zero. As Figuras em parêntese se referem aos benefícios GEE acumulados até um ponto no tempo, no caso de que o projeto se termine neste tempo.

Método	Ano 20	Ano 20 depois da colheita	Ano 60 da colheita	Ano 60 depois da colheita	Balanco
Mudança do estoque	140	-140	140	-140	0
Média do estoque no final de cada rotação como denominador	84 (84)	0 (84)	0 (84)	0 (84)	84
Ajuste equivalente da média do estoque com a duração mínima de 55 anos requeridas para a duração do projeto ( $T_e=55$ ) <sup>a</sup>	83 (28)	0 (28)	0 (83)	0 (83)	83
Ajuste equivalente da média do estoque com a duração mínima de 100 anos requerida para a duração do projeto ( $T_e=100$ )	45 (15)	0 (15)	0 (45)	0 (45)	45
Crédito de mudança do estoque com responsabilidade <i>ton-year</i> - $T_e=55$	140	-112	140	-57	110
Crédito de mudança do estoque com responsabilidade <i>ton-year</i> - $T_e=100$	140	-136	140	-100	44
Crédito anual ton-ano - $T_e = 55$ ; $E_f = 0.0182$ <sup>b</sup>	28	28	83	83	83
Crédito anual ton-ano - $T_e = 100$ ; $E_f = 0.010$	3	4	38	40	40

a. Valores de duração mínima do projeto foram escolhidos em base a distintos fatores de tempos de equivalência propostos ( $T_e$ , a duração de tempo que o CO<sub>2</sub> deve ser armazenado como carbono na biosfera ou no solo para prevenir os efeitos radioativos cumulativos obrigatórios exercidos por uma quantidade similar de CO<sub>2</sub> durante sua residência na atmosfera). Moura-Costa e Wilson (2000) propuseram  $T_e = 55$  anos, e Fearnside et al. (2000) propôs  $T_e = 100$  anos.

b. Em ambos casos,  $E_f$  (o fator de equivalência usado para determinar o benefício da mitigação GEE de uma armazenagem ton-ano) é calculado linealmente pela  $1/T_e$ .