

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE ENERGIA NUCLEAR

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR

CENTRO REGIONAL DE CIÊNCIAS NUCLEARES DO NORDESTE

Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares

**MODELAGEM DOS ESTOQUES E FLUXOS DE CARBONO NO
SISTEMA SOLO-PLANTA EM ÁREAS DE CAATINGA Densa DO
SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO**

CAROLINA RODRIGUES GONZALEZ

Orientador: Prof. Dr. Rômulo Simões Cezar
Menezes

Co-orientador: Prof. Dr. Alexandre de Siqueira
Pinto

Recife, PE

Julho, 2015

CAROLINA RODRIGUES GONZALEZ

**MODELAGEM DOS ESTOQUES E FLUXOS DE CARBONO NO
SISTEMA SOLO-PLANTA EM ÁREAS DE CAATINGA Densa DO
SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares para obtenção do título de Mestre em Ciências, Área de Concentração: Energia da Biomassa

Orientador: Prof. Dr. Rômulo Simões Cezar
Menezes

Co-orientador: Prof. Dr. Alexandre de Siqueira
Pinto

Recife, PE
Julho, 2015

Catálogo na fonte
Bibliotecário Carlos Moura, CRB-4 / 1502

G643m Gonzalez, Carolina Rodrigues.
Modelagem dos estoques e fluxos de carbono no sistema solo-planta em áreas de caatinga densa do semiárido pernambucano. / Carolina Rodrigues Gonzalez. - Recife: O Autor, 2015.
39 f. : il., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Rômulo Simões Cezar Menezes.
Coorientador: Prof. Dr. Alexandre de Siqueira Pinto.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares, 2015.
Inclui referências bibliográficas e apêndices.

1. Ciclos biogeoquímicos. 2. Matéria orgânica. 3. Modelo Century. I. Menezes, Rômulo Simões Cezar, orientador. II. Pinto, Alexandre de Siqueira, coorientador. III. Título.

CDD 631.4 (21. ed.)

UFPE
BDEN/2015-21

***MODELAGEM DOS ESTOQUES E FLUXOS DE
CARBONO NO SISTEMA SOLO-PLANTA EM
ÁREAS DE CAATINGA Densa DO SEMIÁRIDO
PERNAMBUCANO***

Carolina Rodrigues Gonzalez

APROVADA EM: 30.07.2015

ORIENTADOR: Prof. Dr. Rômulo Simões Cezar Menezes

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Alexandre de Siqueira Pinto

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Everardo Valadares de Sá Barreto Sampaio – DEN/UFPE

Profa. Dra. Ana Dolores Santiago de Freitas - (DA/UFPE)

Prof. Dr. André Luiz de Carvalho – (PNPD/UFAL)

Visto e permitida a impressão

Coordenador(a) do ~~PROTÉN~~ DEN/UFPE

Aos mestres, formais e informais que encontrei
durante toda a minha vida...

Aos meus pais, amigos e familiares

Dedico

AGRADECIMENTOS

À minha família, pelo amor dedicado. Aos meus pais, Pompilio e Sueli, os meus exemplos vida, por acreditarem em mim até quando eu mesma descreditava. Às minhas irmãs, Rafaela e Mariana, pela amizade e dedicação mesmo à distância.

Ao Prof. Rômulo Menezes, pela suporte e compreensão durante a realização do trabalho. Ao prof. Alexandre de Siqueira Pinto, que me acompanhou e me orientou, desde o início da minha vida acadêmica, obrigada por todos os ensinamentos e conselhos na hora certa.

Ao Prof Everardo Sampaio, pelos ensinamentos e disponibilidade sempre que precisei, é uma honra conhecer alguém tão sábio.

Aos “ Centuryanos” Eric, André, Tiago, Julio e Samuel que tanto me compreenderam e me apoiaram nesse processo

À Monica, irmã que a vida escolheu, por ter dividido comigo os momentos mais importantes, tanto bons como ruins, por sempre me motivar e estar presente mesmo à distância.

Ao povo pernambucano, por me receber tão bem em Recife.

Aos amigos, Teresinha e Batista, que foram meus “pais substitutos” em Recife. A disposição e alegria de vocês são minha inspiração.

Ao Departamento de Energia Nuclear (DEN), a todos aqueles que me acompanharam durante essa fase, obrigada pelos ensinamentos, companheirismo e amizade. Em especial ao grupo da Energia da Biomassa e Fertilidade de Solos: Monica, Monaliza, Natache, Alice, Benaia, Andrea, Nilson Kennedy, Gabi, Manu, Eric, Taciana, Renata, Eliza, Tânia, Daivid, Eduardo, Dário, Karina, Ana Dolores, Bárbara, Edilândia, Monalisa, Mona, Reginaldo Neto, Girleide, Heverton, Rodrigo, Júlio, Tiago, André, Samuel, Jessica, Claudenice, Giba e Sr. Pedro, Rosa, Gilberto. Aos professores, alunos, gestores e colaboradores, por proporcionarem um ambiente agradável de conhecimento, especialmente a Josenildo (grande amiguinho), Eduardo, Juanita, Michele, Bete, Igor, Aldisley, Paulo, David, Carlos, Edson, dentre outros.

Ao amigo Diego (anjinho), pela amizade, alegria, além das valiosas ajudas.

Às pessoas com quem pude conviver durante essa trajetória: Aline, Bruna, Thais, Lord, Juliana, Mayara e Gabriela, tia Jú, Lia, Felipe e Eduardo, Gustavo, Thomáz, Sabrina, Elizane, Bruna. Ao amigo Waldomiro, por me encantar com sua arte e seus acolhedores abraços.

Aos amigos antigos que compreenderam a minha ausência no cotidiano, Dalene, Chiara, Tatielle, Lays, Yze, Lorraina, Dafine, Eldinha, Lorrany, May, Érica, Hudson, Jeh e Mylla.

A todas as amigas do DEN: Natache, Monaliza, Alice, Gabriela, Mônica, Mona, Manuela, Eliza, Taciana, Monalisa, pelas risadas dos momentos divertidos e os conselhos, nos momentos de tensão.

À amiga que conheci em Recife, e que a levarei por onde eu for, Mariáh.

A todos aqueles que de alguma forma, contribuíram na grande jornada de desafios e superações, que é a vida.

MUITO OBRIGADA!

“Afagar a terra, conhecer os desejos
da terra, cio da terra propícia estação,
e fecundar o chão...”

(Milton Nascimento e Chico Buarque)

“ A ciência que compõe de erros que, por
sua vez, são passos até a verdade”

(Julio Verne)

RESUMO

A matéria orgânica do solo (MOS) é uma componente importante na sustentabilidade dos sistemas nativos e antropizados. A manutenção da MOS é necessária para estabelecer práticas de manejo sustentáveis e que otimizem a produção agropecuária. No semiárido brasileiro, a maior dificuldade para estabelecer práticas de manejo adequado está na lacuna de conhecimento em relação à dinâmica da MOS sob as variadas condições edafoclimáticas, características da região. A modelagem dos processos biogeoquímicos é uma importante ferramenta que permite a compreensão da dinâmica da MOS no sistema solo-planta de forma prática, além de permitir projetar cenários futuros e, assim, embasar tomadas de decisões. O modelo CENTURY tem sido utilizado em vários ecossistemas e em diversos tipos de uso da terra para simular a ciclagem biogeoquímica de carbono, nutrientes e água. O presente estudo teve como objetivo avaliar o desempenho do modelo previamente calibrado para uma área de caatinga no município de Santa Teresinha, PB, para simular os estoques de C e N em áreas de caatinga densa na região semiárida de Pernambuco. Para isso, foram utilizadas as informações dos estoques de C e N no solo e na vegetação coletados em áreas de caatinga sob seis classes de solo (Planossolo, Argissolo, Neossolo Litólico, Neossolo Regolítico, Luvisso e Latossolo), em 25 pontos distribuídos pelo Agreste e Sertão de Pernambuco. O modelo previamente calibrado por Althoff (2015), foi rodado para as áreas de caatinga densa selecionadas, com alterações apenas nos valores característicos de cada local como dados históricos de temperatura e precipitação mensais médias, coordenadas geográficas, textura, densidade, profundidade e o conteúdo de rochas do solo. Os principais dados de saída avaliados foram os estoques de C e N no solo e o carbono na biomassa aérea e subterrânea. O modelo demonstrou melhor desempenho para simular o estoque de C no solo (0-20 cm) em áreas de caatinga densa no sertão oeste de Pernambuco. Ajustes no modelo resultaram em melhorias na simulação do estoque no solo no agreste. Os resultados mostram que o modelo calibrado para uma região específica da caatinga possui abrangência limitada. Portanto, há a necessidade de mais esforços para calibração do modelo com capacidade de simulação mais ampla dos estoques em outras áreas da caatinga.

Palavras-chave: ciclos biogeoquímicos; matéria orgânica; modelo century.

ABSTRACT

Soil organic matter (SOM) is an important component to ensure the sustainability of native and anthropogenic systems. Maintaining of the SOM levels is important to establish sustainable management practices and to improve agricultural production. In the Brazilian semiarid region, the greatest difficulty to establish proper management practices is the lack of knowledge about the dynamics of SOM under different soil and climatic conditions that are characteristics of the region. The modeling of biogeochemical processes is an important tool for the SOM dynamics understanding in the soil-plant system in a practical way, and allows project future scenarios and thus to base public decisions. The CENTURY model demonstrated efficiency in simulate conditions in various ecosystems and different types of land use to simulate the carbon biogeochemical cycling, nutrients and water. The present study aimed to evaluate the performance of the model that were calibrated for a “caatinga” site in Santa Teresinha, PB, in simulate the stocks of C and N in areas of dense scrub in the semiarid region of the Pernambuco state. For this study, we used the information of C and N stocks in soil and vegetation collected in areas of “caatinga” under six soil classes (Planosol, Argisol Udorthent, Entisol, Luvisol and Latosol), 25 points distributed by Wasteland and Hinterland of Pernambuco. We used the model previously calibrated by Althoff (2015), and we run it in the areas of dense scrub selected. We changes only the specific characteristics values of each site, like historical temperature and average monthly rainfall, geographic coordinates, texture, density, depth and content soil rocks. The main data of this output were the stocks of C and N in the soil and the carbon in the shoot and root biomass. The model showed better performance to simulate the stock of C in the soil (0-20 cm) in areas of dense scrub in western hinterlands of Pernambuco. Adjustments in the model results in improvements in the simulation of the stock on the ground in the wild. Century model calibrated for a specific region of the savanna has limited scope. So is needed more efforts to model calibration with larger capacity of simulate stocks in other areas of the savanna.

Keywords: biogeochemical cycles; organic matter; century model.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diagrama de fluxo de carbono nos diferentes compartimentos do sistema solo-planta representado pelo modelo CENTURY v.4.5.....	18
Figura 2 – Localização dos pontos utilizados na calibração e avaliação prévia do Modelo CENTURY para simulação de vegetação de Caatinga preservada e dos pontos da amostragem usados na avaliação do modelo no presente estudo.....	20
Figura 3 – Relação entre os valores observados e simulados pelo modelo Century em áreas de caatinga no Semiárido pernambucano.....	24
Figura 4 – Comparação entre as relações da quantidade de pedras no perfil com o estoque de C no solo, para os valores observados e simulados.....	25
Figura 5 – Relação entre os valores observados e simulados pelo modelo Century em áreas de caatinga no Semiárido pernambucano após modificações no modelo.....	26
Figura 6 – Relação entre os valores de estoque de nitrogênio observados e simulados pelo modelo Century em áreas de caatinga no Semiárido pernambucano.....	27
Figura 7 – Comparação das relações entre os estoques de C e N no solo observados e simulados.....	28

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Variação das condições edafoclimáticas dos pontos amostrados em Pernambuco em comparação com as áreas usadas na calibração e avaliação prévia do modelo.....	21
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	A Caatinga.....	15
2.2	Ciclagem biogeoquímica	16
2.3	Modelagem de matéria orgânica do solo.....	17
2.4	Estrutura conceitual do modelo CENTURY	18
3	MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1	Banco de dados	20
3.1.1	Obtenção de dados medidos em campo.....	20
3.1.2	Dados climáticos.....	22
3.2	Avaliação.....	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
4.1	Carbono orgânico do solo e na vegetação.....	23
4.2	Nitrogênio no solo	27
5	CONCLUSÃO	28
	REFERÊNCIAS	29
	APÊNDICE A.....	37
	APÊNDICE B.....	38
	APÊNDICE C.....	38
	APÊNDICE D.....	39

INTRODUÇÃO

A emissão de gases causadores do efeito estufa, dentre eles o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e vapor d'água, pode acarretar em mudanças climáticas que afetam a produtividade dos sistemas agrícolas e também ameaçam o equilíbrio dos ecossistemas nativos, que podem resultar em logo prazo, diversos prejuízos à vida na Terra (LAL, 2004).

A substituição da vegetação nativa pelas atividades agrícolas está entre as atividades humanas que mais contribuem para o aumento na concentração de CO₂ atmosférico (IPCC 2013). No entanto, a emissão de CO₂ em resposta às mudanças no uso da terra, pode ser reduzida ou até mesmo revertida dependendo do manejo (HOUGHTON, 2005). A matéria orgânica do solo (MOS) representa o maior compartimento (1550 Pg) de carbono da biosfera (FOLLET, 2001) e dependendo do manejo pode atuar como fonte ou dreno de Carbono.

As práticas de manejo agropecuário sustentáveis podem promover a mitigação de gases do efeito estufa bem como garantir a manutenção da matéria orgânica, que representa um componente fundamental para determinar a qualidade do solo e garantir a sustentabilidade de um sistema (ROSCOE & MACHADO, 2002).

A caatinga é um tipo de vegetação que cobre grande parte da região Nordeste do Brasil e parte norte do estado de Minas Gerais. A existência de diversos tipos de solo, relevo (SAMPAIO, 1995) e irregularidades de chuvas (READDY 1983), favorecem a variedade de paisagens e ambientes, o que dificulta o entendimento dos processos que influenciam seu funcionamento (RODAL & SAMPAIO 2002).

Para estabelecer um manejo sustentável em um ecossistema é necessário conhecer os estoques e fluxos de carbono e nutrientes e as taxas de ciclagem e renovação da vegetação nativa para avaliar o efeito das mudanças climáticas e do uso da terra. Uma das principais dificuldades para o estabelecimento de práticas de manejo adequadas, é a existência de diversos fatores que influenciam na dinâmica de matéria orgânica (PARTON et al., 1987; ADDISCOTT 1993). Dentre os fatores estão a composição e quantidade do resíduo vegetal sobre o solo (serapilheira), a fertilidade natural, a temperatura, a precipitação pluvial, e a composição granulométrica do solo (SOLLINS et al., 1996).

A pesar de ser um bioma pouco estudado, muitos dados dos estoques e fluxos de carbono e nitrogênio no solo e na vegetação foram obtidos nas últimas décadas (AMORIM, 2009; ARAÚJO et al., 2004; BERNARDI et al., 2007; FRACETTO et al., 2012; GALINDO et al., 2008; GIONGO et al., 2011; KAUFFMAN et al., 1993; MAIA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2003;

OLIVEIRA et al., 2009; SACRAMENTO et al., 2013). Porém, a maioria dos estudos coletam informações sobre períodos específicos de tempo e falta um entendimento mais generalizado sobre a dinâmica de carbono orgânico do solo (COS), em diferentes tipos de uso da terra, e ao longo de períodos relativamente longos. Este entendimento é essencial para prever mudanças nos ciclos de agricultura itinerante, revolvimento corte e queima da vegetação nativa, plantio por alguns anos e abandono da atividade agrícola com pousio terra e nono crescimento da vegetação nativa e as consequências do crescente abandono desta agricultura e do corte de lenha e substituições por pastagens plantadas, todas estas alterações sujeitas às mudanças climáticas prevista na região até o fim do século. A melhor maneira de prever essas alterações é usando modelos de simulações devidamente calibrados e validados nas condições da região. Com eles é possível testar uma grande gama de variações de manejo, descartar as inviáveis e selecionar as mais promissoras para favorecer práticas de manejo mais sustentáveis (ADISCOTT 1993).

O modelo CENTURY simula a dinâmica de matéria orgânica no sistema solo- planta em longo prazo, em diversos ecossistemas do mundo, com variados tipos de usos da terra e manejos, considerando a influência de muitos fatores simultaneamente. O uso desse modelo tem sido frequente por permitir predições de variações do estoque e fluxos de MOS em respostas a mudanças climáticas e no uso da terra (LEITE & MENDONÇA, 2003).

O modelo CENTURY 4.5 foi que foi calibrado para as condições de uma área de caatinga nativa localizada em Santa Teresinha, na Paraíba, e validado para uma outra área de caatinga em Serra Negra no Rio grande do Norte (ALTHOFF, 2015).

O presente trabalho teve como objetivo, avaliar o desempenho deste modelo previamente calibrado e validado em simular os estoques de carbono e nitrogênio no solo e na vegetação medidas em áreas de caatinga nativa sob diferentes tipos de solo e clima, localizadas em 25 pontos no semiárido de Pernambuco.

REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Caatinga

Caracterizada como o único bioma com domínio exclusivo do Brasil, a Caatinga cobre grande parte da área do Semiárido, e está localizada na região Nordeste do país, e em parte do estado de Minas Gerais. Com um território correspondendo a cerca de 800.000 Km² (IBGE, 1985), o bioma possui a maior área remanescente de floresta tropical seca do mundo (MILES, 2006). A vegetação é constituída de estrato arbóreo e arbustivo caducifólio, em coexistência com estrato herbáceo notadamente sazonal (SÁ et al.,2004).

Embora a importância da Caatinga tenha sido negligenciada por décadas, sua biodiversidade é alta (SILVA et al., 2004). Inventários registram mais de 5000 espécies de plantas vasculares (GIULIETTI et al. 2006), sendo dessas, pelo menos 318 endêmicas, ou seja, com ocorrência exclusiva na Caatinga (GIULIETTI et al. 2002). A grande diversidade vegetal está relacionada com a existência de ambientes com diversas condições edafoclimáticas (SÁ et al.,2004).

A região do Semiárido brasileiro possui diferentes níveis de precipitação média anual, que varia de 300 mm nas áreas mais centrais, até 1.000mm nas margens do ecossistema (REDDY et al.,1983). Apesar da precipitação média anual de algumas regiões da caatinga ser considerada alta em comparação com outras regiões de floresta tropical seca, as chuvas no semiárido brasileiro são mal distribuídas. Em geral, 20% da pluviosidade anual ocorrer em um único dia e 60% em um mês (SAMPAIO et al. 1995). A condição de aridez dos ecossistemas é resultado da baixa precipitação associada com altas taxas de evaporação causadas por altas temperaturas (LARCHER, 2000). Fatores como relevo, sistemas de circulação atmosférica, e variações de altitude influenciam a ocorrência dos mais diversificados cenários climáticos nas áreas de abrangência da Caatinga (SAMPAIO et al. 1995).

Os sistemas de produção em regiões da caatinga sofrem limitações pela vulnerabilidade da vegetação às drásticas variações climáticas. Em períodos mais secos algumas regiões chegam a ter precipitação em torno de 50-70% abaixo da média anual, o que torna inviável o crescimento das culturas ou de pastagens cultivadas (SAMPAIO 1995).

As áreas de caatinga nativa ainda ocupam a maior parte do semiárido, ou seja, 40% do território, seguido pelos pastos nativos que ocupam cerca de 30% pelo pasto plantado, com 15% e pela agricultura, também com 15% (SAMPAIO & COSTA, 2011). Os dois primeiros

são mais difíceis de serem diferenciados um do outro pois mesmo nas áreas categorizadas como caatinga nativa é comum colocar os animais para pastar durante algum período do ano (SAMPAIO & COSTA, 2011). Nos últimos anos tem havido aumento da cobertura vegetal nativa, provavelmente pelo declínio na atividade agrícola.

2.2 Ciclagem biogeoquímica

O carbono (C) e o nitrogênio (N) são elementos essenciais para a manutenção da vida no planeta terra, pois estão presentes nos principais componentes dos organismos vivos, como proteínas, carboidratos, lipídeos, pigmentos e ácidos nucleicos, dentre outros. (LAL, 2004). Esses elementos estão nos compartimentos atmosférico, oceânico, pedológico e biótico circulam no globo terrestre e são disponibilizados para os seres vivo principalmente por meio de processos de transformações no sistema solo-planta (HOUGHTON, 2005).

A produção primária bruta (PPB) consiste em todo C orgânico produzido durante o processo fotossintético (LACHER, 2000). Estima-se que metade desse produto é perdido para atmosfera por meio da respiração vegetal e o restante do C orgânico corresponde à produtividade primária líquida (PPL) (LACHER, 2000). A PPL é toda a matéria orgânica produzida pelas plantas e é fonte primária de energia para os seres heterótrofos até ser integrado à matéria orgânica do solo (SILVA & MENDONÇA, 2007).

O carbono é atribuído ao solo por meio da deposição radicular e pela queda de serapilheira da parte aérea e passa a compor a matéria orgânica do solo (SILVA & MENDONÇA, 2007). Do carbono total assimilado pelas plantas, 16 a 33% são transferidos ao solo pelas raízes, contribuindo com 30 a 60% da matéria orgânica do solo (HEAL et al., 1997).

O ciclo do N é complexo e sofre influência de fatores físicos, químicos e biológicos (CANTARELLA, 2007). A fixação biológica é o principal meio de entrada de N no sistema solo-planta, que também pode ocorrer por deposições atmosféricas, ou por adubação. Perdas de N do solo são causadas por lixiviação e volatilização ou por remoção de culturas. A maior concentração de N do solo está na matéria orgânica, apresentando-se em diferentes formas orgânicas e graus de recalcitrância (CANTARELLA, 2007).

A matéria orgânica do solo (MOS) é composta por todo carbono orgânico presente no solo e é fundamental para determinar as propriedades físico-químicas do solo (ROSCOE & MACHADO, 2002). É um conjunto heterogêneo de materiais que apresentam diferentes taxas

de decomposição, grau de disponibilidade e função ecológica (CARTER 2001). O entendimento da dinâmica e complexidade estrutural e funcional do carbono orgânico do solo, pode ser simplificado através da análise da MOS dividida em diferentes compartimentos (MARTIN NETO, 1996; ROSCOE & MACHADO, 2002).

2.3 Modelagem de matéria orgânica do solo

A complexidade dos processos biogeoquímicos aliada à diversidade de fatores que influenciam na dinâmica da MOS dificulta a avaliação do seu comportamento em longo prazo (BAYER 2000). A modelagem do funcionamento da ciclagem de carbono no sistema solo-planta-atmosfera é uma importante ferramenta que simplifica a realidade permitindo a análise dos mecanismos que influenciam no funcionamento do solo de maneira mais rápida e prática (ADDISCOTT,1993), aperfeiçoando o conhecimento dos processos ecológicos de um determinado ecossistema (LEITE & MENDONÇA, 2003), e facilitando a realização de estudos que possuem dificuldades de serem feitos nos sistemas reais (LEITE & MENDONÇA, 2007). Desta forma, os modelos podem auxiliar na prevenção de riscos e impactos da mudança no uso da terra de maneira mais rápida e assim dar suporte ao planejamento para o desenvolvimento rural de maneira sustentável (VELOSO et al., 1994).

Diversos modelos matemáticos que dividem a MOS em múltiplos compartimentos, separados pelo tempo de reciclagem, têm sido utilizados com eficiência em diferentes sistemas (VAN VEEN & PAUL, 1981; JANSSEN, 1984; PARTON et al., 1987). O CENTURY é um modelo utilizado para simular em longo prazo, a dinâmica de nutrientes nos diferentes sistemas solo-planta e a resposta desses às variações ambientais resultantes dos diferentes manejos de uso da terra. O modelo é composto por submodelos capazes de integrar variados fatores envolvidos nos processos de decomposição da matéria orgânica do solo (LEITE & MENDONÇA, 2007). O modelo CENTURY foi desenvolvido para pastagens em regiões temperadas (PARTON et al. 1987), porém tem sofrido ajustes para simular os ambientes antropizados e nativos em regiões semiáridas mediterrâneas (ÁLVARO-FUENTES et al. 2009; 2012), e regiões tropicais (PARTON et al. 1994), como as savanas na Austrália (RICHARDS et al. 2011).

No Brasil, vários estudos têm verificado a utilidade e a confiabilidade das modelagens com o CENTURY, em sistemas agrícolas (BORTOLON et al. 2009; 2011; 2012; LEITE et al 2004a; 2004b), pastagens (CERRI et al. 2004a; 2004b; 2007; SILVEIRA et al 2000), e

também sistemas nativos como a floresta amazônica (SILVER et al. 2000) e o cerrado (CORBEELS et al, 2006).

No Nordeste Brasileiro, o modelo CENTURY vem sendo utilizado para as simulações de dinâmica de matéria orgânica em áreas de cultivo de cana de açúcar na região da Zona da Mata de Pernambuco (GALDOS et al 2009; 2010; CARVALHO et al. 2015) e no semiárido brasileiro para simulação de corte da vegetação de caatinga. (ALTHOFF 2010; 2015).

2.4 Estrutura conceitual do modelo CENTURY

O processo de modelagem com o CENTURY requer conhecimento sobre os processos, compartimentos e fluxos de carbono e nutrientes (N, P e S) do sistema em estudo (Tabela 1). Artigos publicados que disponibilizem essas informações obtidas em regiões tropicais são escassos, o que dificulta a parametrização e validação do modelo (LEITE & MENDONÇA, 2007).

O CENTURY considera os estoques de C em compartimentos que são divididos de acordo com as taxas de decomposição e renovação (Figura 1). O modelo representa a produção de biomassa, ciclagem de nutrientes e dinâmica de matéria orgânica do solo e os fatores que influenciam nesses processos (PARTON et al. 2001).

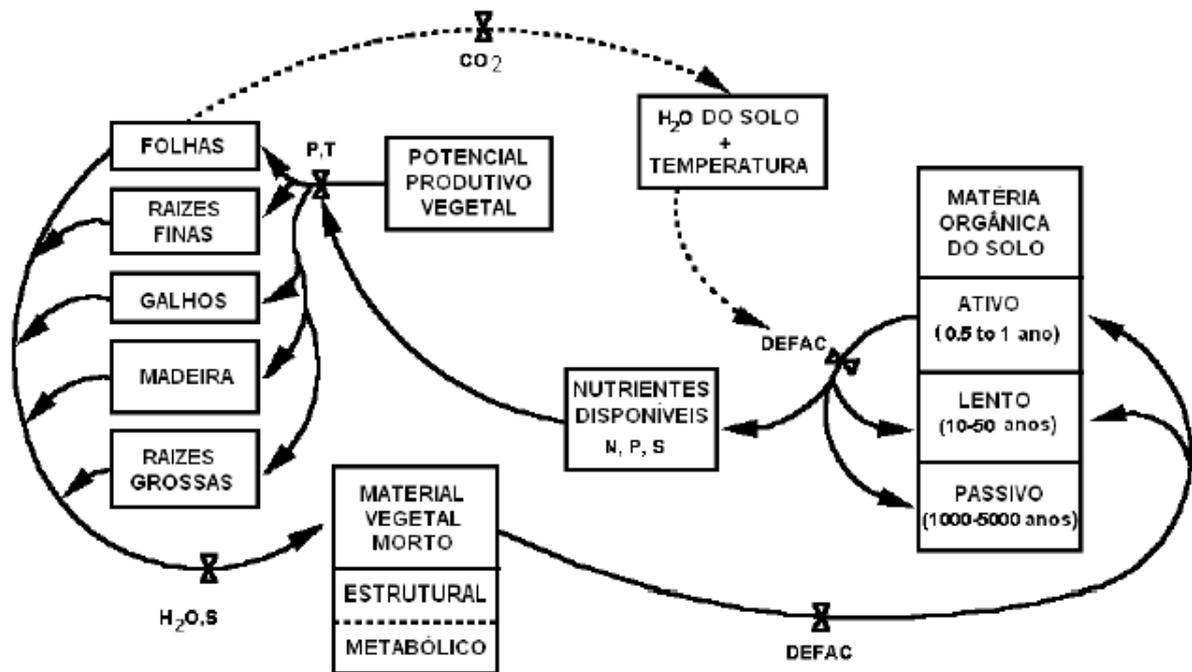


Figura 1. Diagrama de fluxo de carbono nos diferentes compartimentos do sistema solo-planta representado pelo modelo CENTURY v.4.5. Fonte: PARTON et al. 1994.

O carbono estocado na biomassa vegetal é alocado no solo por meio da decomposição da serrapilheira e torna-se componente da matéria orgânica do solo, que é dividida entre três compartimentos no Century: ativo, lento e passivo (Figura 1). O fluxo de C entre os compartimentos depende da taxa de decomposição, que varia com a umidade, a temperatura, e a textura do solo (PARTON et al. 2001). Os três compartimentos da matéria orgânica correspondem a:

- i) Ativo (5% da MOS): constituído pela biomassa microbiana e seus produtos. Apresenta decomposição fácil e rápida, tempo de reciclagem de um a cinco anos e sofre alterações relativamente rápidas com mudanças do manejo do sistema (KILLHAM, 1994);
- ii) Lento (15% da MOS): composto por material vegetal resistente e matéria orgânica química e fisicamente protegida e pode ser reciclado em um período de 20 a 40 anos. Sofre menor alteração com o manejo que o compartimento ativo. Este compartimento corresponde à fração da matéria orgânica particulada (MOP), material com tamanho maior que 50 μm e menor que 2 mm (CAMBARDELA & ELLIOT, 1992); e
- iii) Passivo (80% da MOS): composto por material recalcitrante e fisicamente protegido que é bastante resistente à decomposição. Possui tempo de reciclagem de 200 a 500 anos e sofre pouca alteração em resposta ao manejo ao longo do tempo (DUXBURY et al., 1989).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

No presente trabalho, o modelo foi avaliado para simular os estoques de C e N no solo e C na vegetação, determinadas em áreas de caatinga densa sob seis classes de solo (Planossolo, Argissolo, Neossolo Litólico, Neossolo Regolítico, Luvisolo, e Latossolo em 25 pontos distribuídos pelo Agreste e Sertão de Pernambuco (Figura 2). A fitofisionomia caatinga densa foi utilizado por se tratar de sistema nativo com a vegetação em estágio menos perturbado, dentre as áreas amostradas, e ser mais semelhante às fitofisionomias usadas na calibração e validação do modelo para a caatinga na Paraíba e Rio Grande do Norte (Figura2).

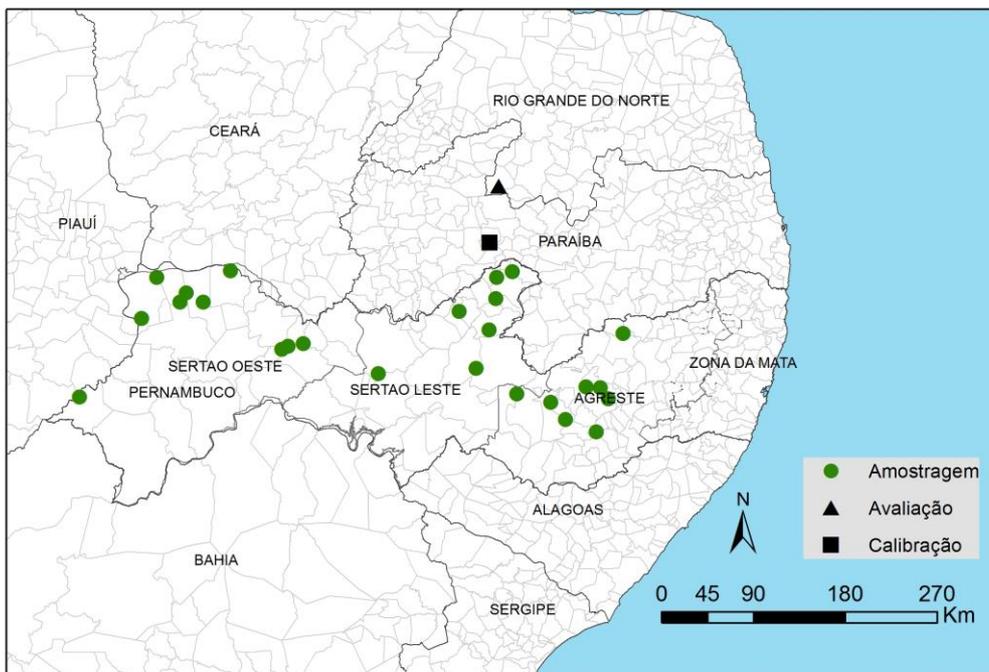


Figura 2. Localização dos pontos utilizados na calibração e avaliação prévia do Modelo CENTURY para simulação em vegetação de Caatinga e dos pontos da amostragem usados na avaliação do modelo no presente estudo.

3.1 Banco de dados

3.1.1 Obtenção de dados medidos em campo

Os estudos de amostragem de campo pertencentes ao projeto quantificaram os estoques de carbono e nitrogênio no solo e vegetação, sob diferentes usos da terra nas principais classes solo (SANTANA, 2015; ALBUQUERQUE 2015; dados não publicados).

As amostragens de campo no semiárido de Pernambuco foram divididas por região (Agreste, Sertão Leste e Sertão Oeste). A separação do sertão para as amostragens foi feita em função das diferenças nas características de solo e de critérios logísticos e foi mantida no presente estudo, sendo o Sertão Leste chamado de Sertão 1 e o Sertão Oeste de sertão 2 (Tabela 1).

Tabela 1. Variação das condições edafoclimáticas dos pontos amostrados em Pernambuco em comparação com as áreas usadas na calibração e avaliação prévia do modelo.

	Santa Teresinha, PB (Calibração) ¹	Serra Negra, RN (Validação) ¹	Pernambuco (Avaliação presente estudo)*			
			Agreste	Sertão 1	Sertão 2	Geral
Clima						
Precipitação anual média (mm)	800	700	649 (558-783)	618 (551-668)	636 (572-703)	634 (551-783)
Temperatura mínima (°C)	19	21	18 (16-19)	19 (18-20)	20 (19-21)	19 (17- 21)
Temperatura máxima (°C)	28	33	29 (26-31)	31 (29-32)	32 (31-33)	31 (26- 33)
Características do solo (0-20 cm)						
Areia (%)	65	67	6 (2- 12) ²	6 (3-12) ²	65 (27- 82) ³	30 (2- 82)
Silte (%)	12	14	48 (38-65) ²	44 (31-67) ²	19 (5- 33) ³	35 (5- 67)
Argila (%)	24	19	46 (33-60) ²	50 (28-63) ²	16 (5- 40) ³	35 (5- 63)
Quantidade de Pedras (%)	26	26	11 (0 - 25) ²	9 (0- 43) ²	6 (0- 56) ³	8 (0-56)
Profundidade do perfil (cm)	40	40	60 (40-100) ²	60 (40-80) ²	80 (30-100) ³	80 (30-100)
Densidade (Mg/m ³)	1,37	1,41	1,36 (1,19-1,43) ²	1,34 (0,99-1,56) ²	1,39 (1,14- 1,54) ³	1,36 (0,99- 1,56)
Estoque N solo (Mg ha- 1)	1,06	--	7,01 (2,54 - 18,54) ²	8,80 (1,39-17,93) ²	2,27 (1,05- 3,33) ³	5,68 (1,05-18,54)
Estoques						
Estoque C no solo (Mg ha- 1)	11,6	10,65	44,68 (25,36 -56,90) ²	44,34 (21,50- 68,23) ²	27,82 (8,73- 43,39) ³	37,82 (8,73- 68,23)
C vegetação aérea arbórea (Mg ha-1)	21,99	--	18,30 (8,58-31,20) ⁴	19,7 (15,00- 26,87) ⁴	15,67 (7,31- 33,54) ⁴	17,71 (7,31- 33,55)
C Vegetação radicular (Mg ha ⁻¹)	14,27	--	7,01 (2,89-13,13) ⁴	5,64 (1,73- 9,13) ⁴	3,06 (1,20- 4,68) ⁴	5,09 (1,20- 13,13)

* dados reais fornecidos pela equipe de coleta de campo = média (mínimo- máximo)

¹ Características da área onde feita a calibração prévia do modelo, e onde foi a avaliação (ALTHOFF, 2015), ² Trabalho de autoria de Kennedy Nascimento de Jesus do Departamento de Energia Nuclear da UFPE 2015 (Em fase de pré- publicação), ³ SANTANA, 2015, ⁴ ALBUQUERQUE, 2015.

As informações obtidas das amostragens foram utilizada\ em duas etapa: 1) os dados de caracterização dos solos (teores de argila, silte e areia, densidade, profundidade e teor de rochas) foram adicionados ao arquivos de entrada do modelo; 2) os estoques de C na

biomassa (aérea e subterrânea) e de C e N no solo a 20 cm de profundidade foram utilizados como valores de referência com os quais as saídas do modelo foram comparadas (Tabela1).

3.1.2 Dados climáticos

Os valores de precipitação média mensal para os anos de 1950 a 2012 foram cedidos por meio de uma interpolação a partir de valores reais de precipitação pluviométrica fornecidos pelos para diversos pontos distribuídos estado de Pernambuco (Dados não publicados). Os valores de temperatura do ar histórica no período entre 1950 e 2002, para cada área amostrada, foram obtidos por meio do *software* Estima T, desenvolvido pela Universidade de Campina Grande, que permite estimar, as temperaturas média, máxima e mínima mensais em função das coordenadas locais e altitude (CAVALCANTI et al., 2006).

3.2 AVALIAÇÃO

Para avaliar a abrangência do modelo, foram utilizados os arquivos do modelo previamente calibrado para áreas de caatinga nativa localizadas na reserva legal da fazenda Tamanduá (06°59'13" e 37°18'08") no município de Santa Teresinha, na região do semiárido paraibano. A região possui temperatura média anual entre 21 e 33°C e precipitação pluviométrica média de 800 mm ano⁻¹ com alta variabilidade anual de 238 a 1.775 mm e período chuvoso geralmente de março a maio. O solo é Neossolo Litólico. O modelo calibrado foi validado para uma área de caatinga nativa na Estação Ecológica do Seridó (ESEC) (06°35'35"S e 37°14' 19" W, no município de Serra Negra do Norte, RN. A área possui precipitação média em torno de 700 mm ano⁻¹, com estação seca bem definida e precipitação irregular, e temperatura média de 28°C. A eficiência do modelo calibrado em Santa Teresinha, PB, para simular os estoques de C e N na biomassa aérea, subterrânea e na matéria orgânica do solo (MOS) em Serra Negra do Norte foi comprovada (ALTHOFF, 2015).

Os arquivos do modelo previamente calibrado para Santa Teresinha foram rodados para as áreas de caatinga densa em diversos pontos de Pernambuco (Figura

4), com alterações apenas nos parâmetros específicos de cada ponto no arquivo de características locais (SITE.100).

Para cada ponto amostrado foi criado um arquivo SITE.100 onde foram inseridos os valores característicos de cada local como dados históricos de temperatura e precipitação mensais médias, coordenadas geográficas, textura, densidade, profundidade e o conteúdo de rochas do solo. Para analisar a relação entre os dados observados e simulados foram realizados testes estatísticos pela planilha MODEVAL (SMITH et al., 1997).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de acurácia de um modelo avalia quantitativamente a coincidência e associação entre os valores medidos e simulados (SMITH & SMITH, 2007). No presente estudo, a análise da acurácia do modelo demonstrou que, apesar de ter ocorrido coincidência de alguns pontos, também houve muitos erros, ou seja, muito distantes dos valores medidos em campo. Portanto, pode-se observar que não houve associação na relação entre os dados de estoques simulados e observados (Figura 3).

4.1 Carbono orgânico do solo e na vegetação

O somatório dos estoques de C no solo e na biomassa aérea e radicular não mostram relação entre os dados simulados e observados ($r^2 = 0,44$). Apesar da relação não ter sido significativa, o gráfico mostra que o modelo apresenta tendência de superestimar os estoques totais das áreas amostradas.

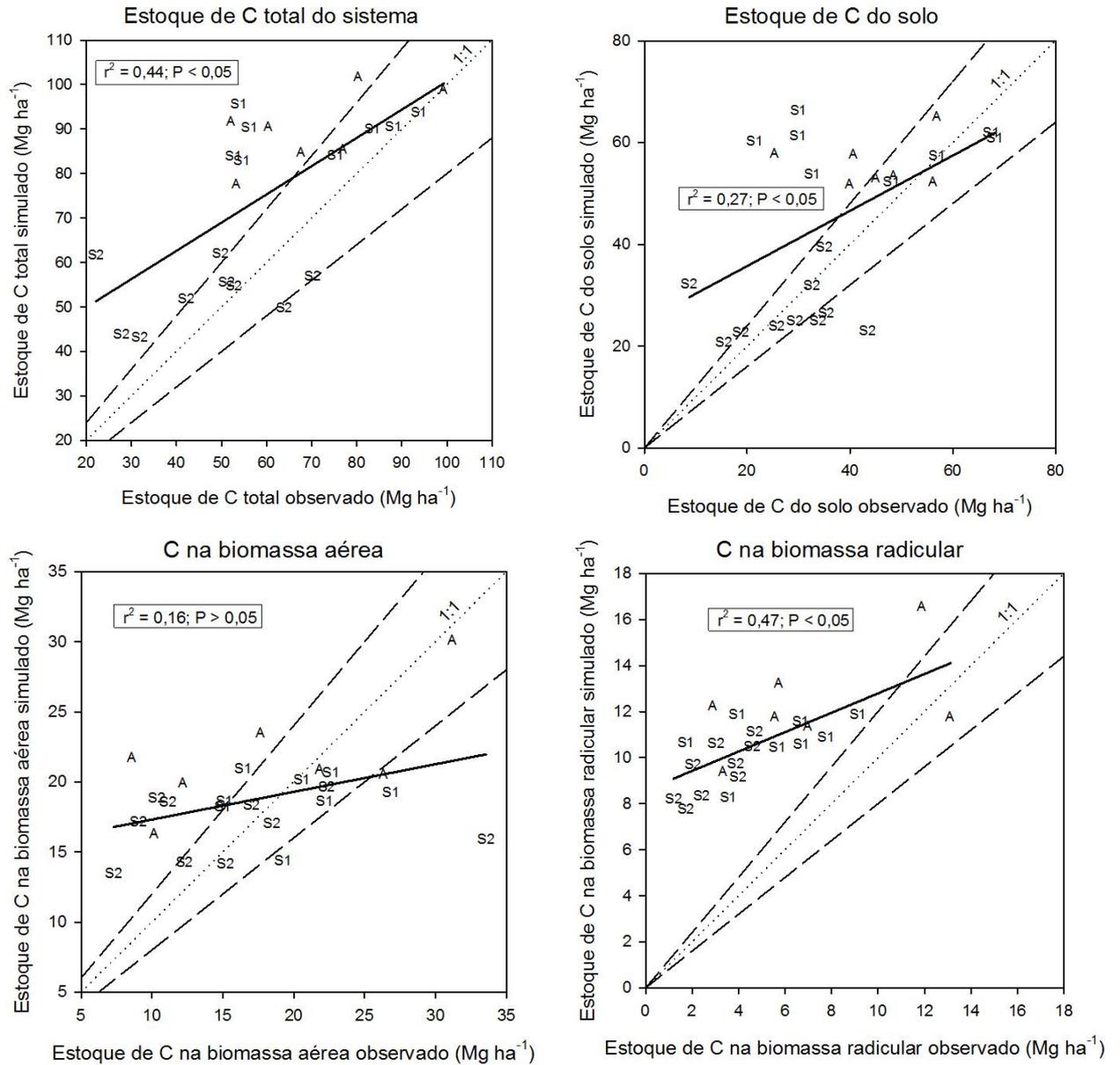


Figura 3. Relação entre os valores observados e simulados pelo modelo Century em áreas de caatinga no Semiárido pernambucano. (As linha pontilhadas representam a relação total entre os valores observados e simulados, e as linhas tracejadas representam a distância de 20% ds linhas pontilhadas).

O modelo previamente calibrado apresentou melhor desempenho para simular o estoque de C no solo no Sertão2, que apresentam os menores estoques, tanto para os valores simulados quanto observados (Figura3). Os perfis localizados no Sertão 2 possuem, em média textura mais arenosa (65%),e menos argilosa (16%) semelhantes à área usada na calibração e validação(65 - 67% de areia e 19- 24% de argila), enquanto as áreas do Sertão 1 e Agreste possuem textura mais argilosa (46-50%), e menos arenosa ambas com 6% de areia (Tabela1). A textura arenosa pode explicar os estoques mais baixos no sertão, pois solos mais arenosos tendem a estocar menos matéria orgânica que os argilosos, devido à menor superfície de

contato das partículas de areia, que diminuem o potencial de agregação e estabilização da matéria orgânica (SCOTT et al.,1996).

O melhor desempenho do modelo para as áreas do Sertão 2 pode ser explicado pelo fato do modelo ter sido calibrado com ajustes nos parâmetros de decomposição e produtividade vegetal para ajustar uma caatinga que mesmo sob o solo arenoso, possui biomassa e condições climáticas semelhantes às áreas com solo mais argiloso (Tabela 1). Não foram encontradas diferenças no desempenho do modelo entre as classes de solo amostradas.

Analisando os perfis de solo que continham pedras, observou-se que a relação entre quantidade de pedra e o estoque de C no solo, foi maior para os valores observados do que para os simulados (Figura 4). O parâmetro de entrada do modelo referente à quantidade de pedras considera efeito na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente do sistema, e não diretamente no estoque de C no solo, como foi constatado para os valores reais, o que pode representar uma limitação do modelo para essas condições (PARTON et al 2001).

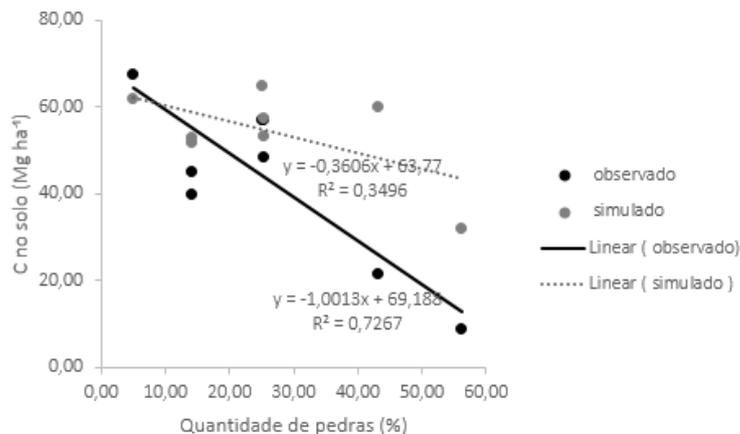


Figura 4. Comparação entre as relações entre da quantidade de pedras no perfil com o estoque de C no solo, para os valores observados e simulados.

Estes resultados podem estar relacionados com o fato do modelo ter sido calibrado para uma área de caatinga densa bem preservada, enquanto os históricos das áreas em Pernambuco usados para a presente avaliação são praticamente desconhecidos, embora em muitas áreas puderam ser observados vestígios de retirada de madeira. Sendo assim, observa-se que para uma calibração mais adequada dos estoques de C na vegetação, o histórico detalhado de cada área parece ser essencial.

A simulação da biomassa de herbáceas não foi analisada devido ao fato das amostragens terem sido realizadas em períodos diferentes. Portanto a biomassa herbácea medida não estaria corretamente representada por não reproduzir variação em resposta à sazonalidade.

Nas simulações dos estoques de C em geral, os resultados demonstraram uma tendência do modelo para superestimar os valores simulados em relação aos observados, o que demonstra que algumas variáveis como decomposição podem ser ajustadas para melhor desempenho do modelo. Por isso, foi realizado um teste, onde uma variável do modelo que controla a produtividade vegetal, e conseqüentemente afeta nos estoques outros dos outros compartimentos.

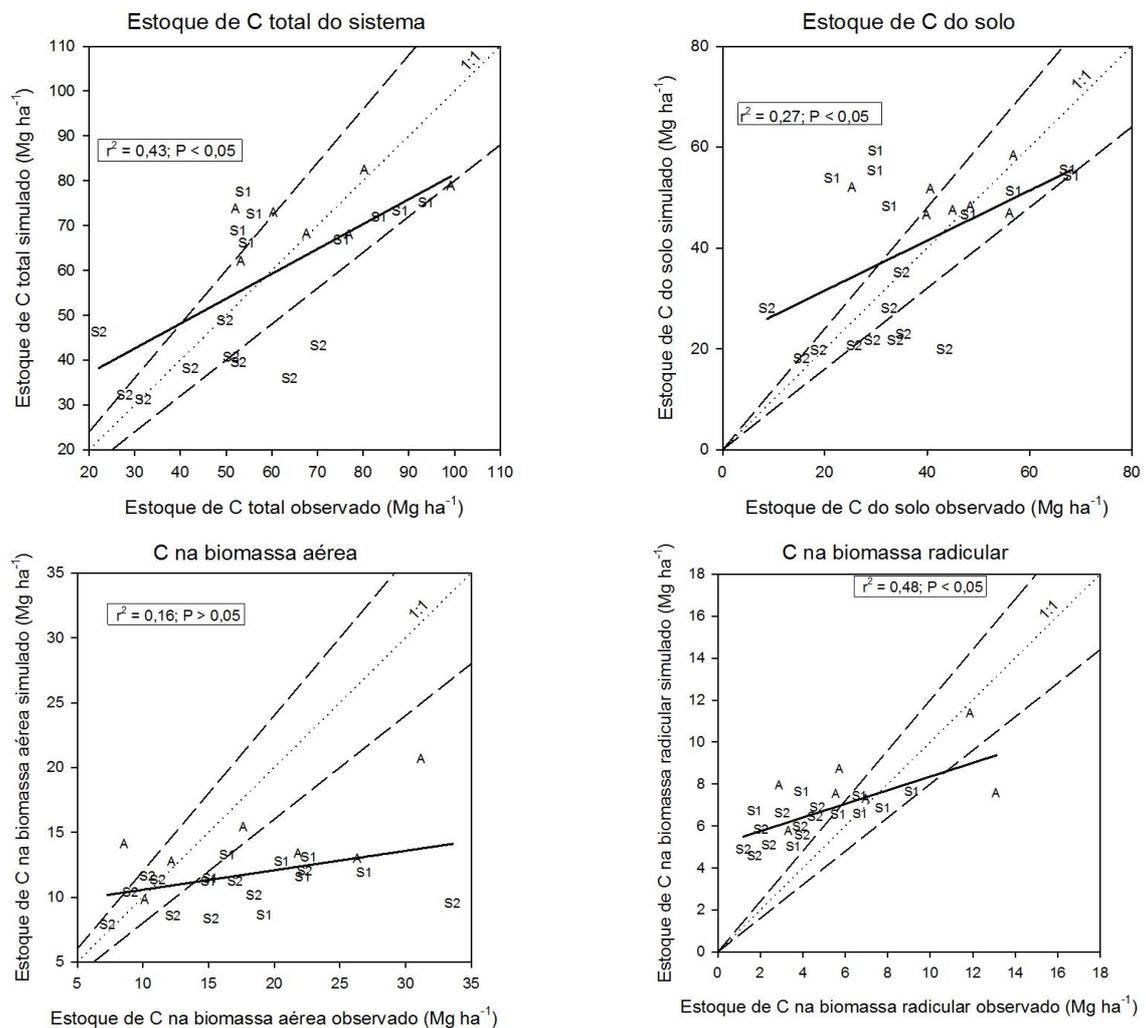


Figura 5. Relação entre os valores observados e simulados pelo modelo Century em áreas de caatinga no Semiárido pernambucano após modificações no modelo. (As linha pontilhadas representam a relação total entre os valores observados e simulados, e as linhas tracejadas representam a distância de 20% ds linhas pontilhadas).

A simulação após o ajuste mostra que os estoques de C em geral reduziram. No entanto, as relações entre os valores observados e simulados não aumentaram, o que indica a necessidade de ajustes em outros parâmetros para que o modelo seja melhor adaptado.

Os estoques de C no solo, após os ajustes, representam melhor as áreas do agreste, o que sugere, que para futuras do modelo para as áreas de Pernambuco, a separação dos ajustes por região pode ser considerada.

4.2 Nitrogênio no solo

Em relação ao estoque de N no solo, não houve relação entre os valores observados e simulado. No entanto foi possível observar que o nas áreas do sertão2 são menores em que nas outras áreas, tanto para o observado quanto para o simulado (Figura6).

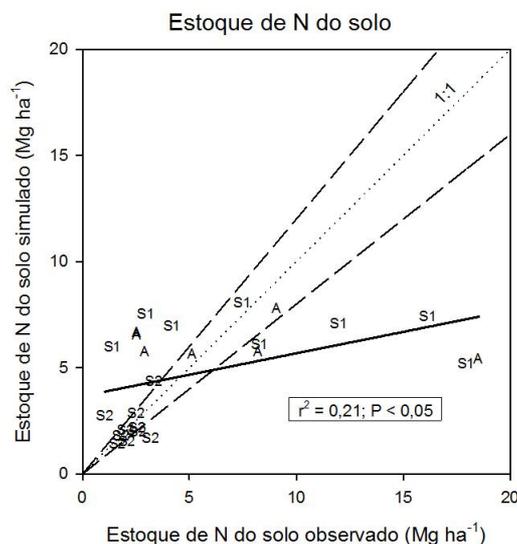


Figura 6. Relação entre os valores de estoque de nitrogênio observados e simulados pelo modelo Century em áreas de caatinga no Semiárido pernambucano. (Pontos com As linha pontilhadas representam a relação total entre os valores observados e simulados, e as linhas tracejadas representam a distância de 20% ds linhas pontilhadas).

Os erros dos valores simulados em relação aos observados podem ser explicados, em parte, pelos mesmos fatores que influenciam nos estoques de carbono, pois os estoques de N e tem a tendência de ter relação entre si. No entanto, a presença de erros discrepantes faz com que a relação entre os estoques observados de C e N não seja significativa (Figura7).

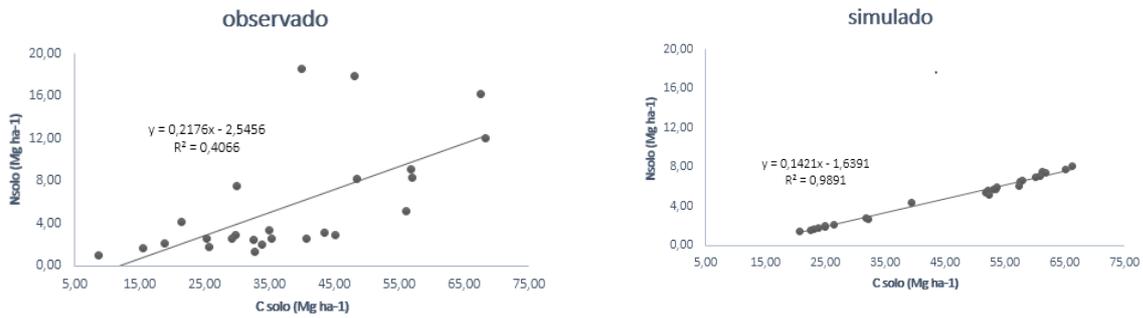


Figura 7. Comparação das relações entre os estoques de C e N no solo observados e simulados.

Os estoques de N no solo, não apresentaram diferenças consideráveis após o ajuste no parâmetro de produtividade vegetal, indicando que para o modelo, o parâmetro de produção vegetal não exerce muita influência nos estoques de N.

Estudos

5. CONCLUSÃO

O modelo previamente calibrado demonstrou melhor desempenho para simular o estoque de C no solo (0-20 cm) em áreas de caatinga densa no sertão oeste de Pernambuco com textura média mais semelhante ao solo da área onde o modelo foi calibrado. Sendo assim, os resultados mostram que o modelo calibrado para uma região específica da caatinga possui abrangência limitada. Portanto, há a necessidade de mais esforços para calibração do modelo com capacidade de simulação mais ampla dos estoques em outras áreas da caatinga. O modelo apresentou limitação para simular os estoques para os perfis que contem pedra na camada amostrada

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADDISCOTT, T. M. 1993. **Simulation modelling and soil behaviour**. Geoderma, v. 60, p. 15-40.
- ALBUQUERQUE, E. R. G. M. 2015. **Biomassa de raízes em áreas com diferentes usos da terra e tipos de solos**. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia.
- ALTHOFF, T. D. 2010 **Calibração do century para simulação da ciclagem de carbono em uma área de caatinga preservada no sertão paraibano**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Tecnologias Energéticas e Nucleares.
- ALTHOFF, T. D. 2015. **Adaptação do modelo Century para simulação da produção de biomassa e ciclagem do carbono e nitrogênio em áreas de caatinga**. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Tecnologias Energéticas e Nucleares.
- ÁLVARO-FUENTES, J.; LÓPEZ, M.V.; ARRÚE, J.L.; MORET, D.; PAUSTIAN, K. 2009. **Tillage and cropping effects on soil organic carbon in Mediterranean semiarid agroecosystems: Testing the Century model**. Agriculture, Ecosystems and Environment, v.134, p. 211–217.
- ÁLVARO-FUENTES, J.; MORELL, F.J.; PLAZA-BONILLA, D.; LÓPEZ, M.V.; ARRÚE, J.L.; CANTERO-MARTÍNEZ, C. 2012. **Modelling tillage and nitrogen fertilization effects on soil organic carbon dynamics**. Soil & Tillage Research, v. 120 p. 32–39.
- AMORIM, L. B. **Caracterização da serrapilheira em caatinga preservada e mudanças no carbono do solo após desmatamento sem queima**. Dissertação. (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2009.
- ARAÚJO, M. S. B.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SAMPAIO, E. V. S. B. **Frações de fósforo após extrações sucessivas com resina e incubação, em latossolos e luvisolos do semi-árido de Pernambuco**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v. 28, p. 259-268, 2004.
- BERNARDI, A. C. C.; MACHADO, P. L. O. A.; MADARI, B. E.; TAVARES, S. R. L.; CAMPOS, D. V. B.; CRISÓSTOMO, L. A. **Carbon and nitrogen stocks of an arenosol under irrigated fruit orchards in semiarid Brazil**. Scientia Agricola, v.64, n.2, p.169-175, 2007.

- BORTOLON, E.S.O.; MIELNICZUK, J.; TORNQUIST, C.G.; LOPES, F.; BERGAMASCHI, H. 2011. **Validation of the Century model to estimate the impact of agriculture on soil organic carbon in Southern Brazil**. *Geoderma*, v.167-168 p. 156–166.
- BORTOLON, E.S.O.; MIELNICZUK, J.; TORNQUIST, C.G.; LOPES, F.; FERNANDES, F.F. 2009. **Simulação da dinâmica do carbono e nitrogênio em um argissolo do Rio Grande do Sul usando modelo century**. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.33, p. 1635-1646.
- BORTOLON, E.S.O.; MIELNICZUK, J.; TORNQUIST, C.G.; LOPES, F.; GIASSON, E.; BERGAMASCHI, H. 2012. **Potencial de uso do modelo century e sig para avaliar o impacto da agricultura sobre estoques regionais de carbono orgânico do solo** *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.36, p.831-849.
- CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. 1992. **Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence**. *Soil Science Society of America Journal*, v. 56, p. 777-783.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. 2007. **Fertilidade do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, p. 375-470.
- CARTER, M. R. **Organic matter and sustainability**. 2001. In: Rees, R. M.; Ball, B. C.; Campbell, C. D.; Watson, C. A. (Ed.). *Sustainable management of soil organic matter*. New York: CABI Publishing. p. 9-22.
- CARVALHO, A. L. ; MENEZES, R. S. C. ; NOBREGA, R. S. ; PINTO, A. S. ; OMETTO, J. P. H. B. ; RANDOW, C. V. ; GIAROLLA, A. 2015. **Impact of climate changes on potential sugarcane yield in Pernambuco, northeastern region of Brazil**. *Renewable Energy*, v. 78, p. 26-34.
- CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S. 2006. **Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 10, n. 1, p. 140-147.
- CERRI, C.E.P., EASTER, M., PAUSTIAN, K., KILLIAN, K., COLEMAN, K., BERNOUX, M., FALLOON, P., POWLSON, D.S., BATJES, N.H., MILNE, E., CERRI, C.C. 2007.

- Simulating SOC changes in 11 land use change chronosequences from the Brazilian Amazon with RothC and Century models.** *Agriculture, Ecosystems and Environment* v. 122 p.46-57.
- CERRI, C.E.P.; EASTER, M.; PAUSTIAN, K.; KILLIAN, K.; BERNOUX, M.; MELLILO, J.M. 2004b. **Combining soil C and N spatial variability and modeling Approaches for measuring and monitoring soil carbon sequestration.** *Environmental Management* Vol. 33, Supplement 1, p. S274–S288.
- CERRI, C.E.P.; PAUSTIAN, K.; BERNOUX, M.; VICTORIA, R.L.; MELILLO, J.M.; CERRI, C.C. 2004. **Modeling changes in soil organic matter in Amazon forest to pasture conversion with the Century model.** *Global Change Biology*, v. 10, p.815–832.
- CORBEELS, M.; SCOPEL, E.; CARDOSO, A.; BERNOUX, M.; DOUZET, J.M.; SIQUEIRA NETO, M.S. 2006. **Soil carbon storage potential of direct seeding mulch-based cropping systems in the Cerrados of Brazil.** *Global Change Biology*, v.12, p.1773-1787.
- DUXBURY, J.M.; Smith, M.S. & Doran, J.M. 1989. Soil organic matter as a source and a sink of plant nutrients. In: Coleman, D.C.; Oades J.M. & Uehara, G., eds. **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems.** Honolulu, University of Hawaii, p.33-67.
- EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). 1999. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. P. 412.
- FOLLET, R.F. 2001. **Soil management concepts and carbon sequestration in croplands soils.** *Soil & Tillage Research*, v.61, p.77-92.
- FRACETTO, F. J. C.; FRACETTO, G. G. M.; CERRI, C. C.; FEIGL, B. J.; SIQUEIRA NETO, M. **Estoques de carbono e nitrogênio no solo cultivado com mamona na caatinga.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.36, p. 1545-1552, 2012.
- FRACETTO, F. J. C.; FRACETTO, G. G. M.; CERRI, C. C.; FEIGL, B. J.; SIQUEIRA NETO, M. **Estoques de carbono e nitrogênio no solo cultivado com mamona na caatinga.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.36, p. 1545-1552, 2012.

- GALDOS MV, CERRI C.C.; CERRI C.E.P.; PAUSTIAN K., VAN ANTWERPEN R. 2009. **Simulation of soil carbon dynamics under sugarcane with the CENTURY model.** Soil Sci Soc Amer J. v.73 p. 802-811.
- GALDOS MV, CERRI C.C.; CERRI C.E.P.; PAUSTIAN K., VAN ANTWERPEN R. 2010. **Simulation of sugarcane residue decomposition and aboveground growth.** Plant Soil. v. 326 p. 243–259.
- GALINDO, I. C. L.; RIBEIRO, M. R.; SANTOS, M. F. A. V.; LIMA, J. F. W. F.; FERREIRA, R. F. A. L. **Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no município de Jataúba-PE.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, p. 1283-1296, 2008.
- GIULIETTI, A. M.; HARLEY, R. M.; QUEIROZ, L. P.; BARBOSA, M. R. V.; BOCAGE NETA, A. L.; FIGUEIREDO, M. A. 2002. Espécies endêmicas da caatinga. In: SAMPAIO, E. V. S. B.; GIULIETTI, A. M.; VIRGÍNIO, J.; ROJAS, C. F. L. G. **Vegetação e flora da caatinga.** Recife: APNE: CNIP. v.1. p.103-119.
- GIULIETTI, A.M., BOCAGE NETA, A.L., CASTRO, A.A.J.F., GAMARRA-ROJAS, C.F.L., SAMPAIO, E.V.S.B., VIRGÍNIO, J.F., QUEIROZ, L.P., FIGUEIREDO, M.A., RODAL, M.J.N., BARBOSA, M.R.V., HARLEY, R.M., 2004. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: SILVA, J.M.C., TABARELLI, M., FONSECA, M.T., LINS, L.V. (Eds.), **Biodiversidade da Caatinga: Áreas e ações prioritárias para a conservação.** Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, p. 48–90.
- HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M.; SWIFT, M. J. 1997. **Plant litter quality and decomposition: an historical overview.** CAB International, Oxon.
- HOUGHTON, R.A. 2005. **The contemporary carbon cycle.** In: Schlesinger, W. H. (Ed.), Biogeochemistry. Elsevier. Oxford, UK, p. 473-513.
- IBGE. 1985. **Atlas Nacional do Brasil.** IBGE. Rio de Janeiro.
- IPCC. 2013. **Climate change 2013: The Physical Science Basic..**
- JANSSEN, B.H. 1984. **A simple method for calculating decomposition and accumulation of “young” soil organic matter.** Plant and Soil, v.72, p.297-304.

- KAUFFMAN, J. B.; SANFORD JÚNIOR, R. L.; CUMMINGS, D. L.; SALCEDO, I. H.; SAMPAIO, E. V. S. B. Biomass and nutrient dynamics associated with slash fires in neotropical dry forests. **Ecology**, v. 74, n. 1, p. 140-151, 1993
- KILLHAM, K. 1994. **Soil Ecology**. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. **Science**, v. 304, p.1623-1627, 2004.
- LARCHER, W. 2000. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima.
- LEITE LFC, MENDONÇA ES, MACHADO PLOA. 2004a. **Simulação pelo modelo century da dinâmica da matéria orgânica de um argissolo sob adubação mineral e orgânica**. Revista Brasileira de Ciências do Solo, 28:347-358.
- LEITE LFC, MENDONÇA ES, MACHADO PLOA. 2004b. **Simulating trends in soil organic carbon of an Acrisol under no-tillage and disc-plow systems using the Century model**. Geoderma. v. 120 p. 283–295.
- LEITE, L.F.C., MENDONÇA, E.S. 2003. **Modelo Century de dinâmica da matéria orgânica do solo: equações e pressupostos**. Revista Ciência Rural. v. 33 n.4 p.679-686.
- LEITE, L.F.C., MENDONÇA, E.S. 2007. **Perspectivas e limitações da modelagem da dinâmica da matéria orgânica dos solos tropicais**. Tópicos em Ciência do Solo. p.181-218.
- MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. **Organic carbon pools in a Luvisol under agroforestry and conventional farming systems in the semiarid region of Ceará, Brazil**. Agroforestry Systems. v. 71, p.: 127-138, 2007.
- MARTIN NETO, L., ANDRIULO, A., TRAGHETTA, D. G. 1996. **Fracionamento físico da matéria orgânica do solo e caracterização por espectroscopia de EPR**. Comunicado Técnico no. 10, Embrapa. p. 1-7.
- MENEZES, RSC; SAMPAIO, EVSB.; GIONGO, V; PÉREZ-MARIN, AM. 2012. **Biogeochemical cycling in terrestrial ecosystems of the caatinga biome**. Braz. J. Biol. v. 72, no. 1 (suppl.), p. 1-1.

- METHERELL, A.K., L.A. HARDING, C.V. COLE, AND W.J. PARTON. 1993. **CENTURY Soil organic matter model environment**. Technical documentation. Agroecosystem version 4.0. Great Plains System Research Unit Technical Report No. 4. USDA-ARS, Fort Collins, Colorado, USA.
- MILES, L.; NEWTON, A.C.; DEFRIES, R.S.; RAVILIOUS, C.; MAY, I.; BLYTH, S.; KAPOV, V.; GORDON, J. E. 2006. **A global overview of the conservation status of tropical dry forests**. *Journal of Biogeography* v. 33, p.491–505.
- OLIVEIRA, L. B.; FONTES, M. P. F.; RIBEIRO, M. R.; KER, J. C. Morfologia e classificação de Luvisolos e Planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas do semiárido do Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1333-1345, 2009.
- OLIVEIRA, L. B.; RIBEIRO, M. R.; FERRAZ, F. B.; JACOMINE, P. K. T. Classificação de solos planossólicos do Sertão do Araripe (PE). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 685-693, 2003.
- PARTON, B.; OJIMA, D.; DEL GROSSO, S.; KEOUGH, C. 2001. **Tutorial CENTURY**. Supplement to CENTURY User's Manual.
- PARTON, W.J.; SCHIMEL, D.S.; COLE, C.V.. 1987. **Analysis of factors controlling soil organic matter levels in great plains grasslands**. *Soil Science Society America Journal*, v.51, p.1173-1179.
- PARTON, W.J.; WOOMER, P.L.; MARTIN, A. 1994. Modeling soil organic matter dynamics and plant productivity in tropical ecosystems. In: WOOMER, P.L; SWIFT, M.J. (Eds.). **The biological management of tropical soil fertility**. Wiley-Sayce. p. 171- 188.
- REDDY, S.J., 1983. **Climatic classification: the semi-arid tropics and its environment - a review**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 18, p. 23-847.
- RICHARDS, A.E.; COOK, G.D.; LYNC, B.T. 2011. **Optimal fire regimes for soil carbon storage in tropical savannas of northern australia**. *Ecosystems*, v. 14, p.503–518.
- RODAL, M.J.N. & SAMPAIO, E.V.S.B. 2002. **A vegetação do bioma caatinga**. IN: SAMPAIO, E.V.S.B.; GIULIETTI, A.M.; VIRGÍNIO, J.; GAMARRA ROJAS, C.F.L. (Eds). *Vegetação e Flora da Caatinga*. Recife- PE: APNE/ CNIP. P. 11- 24.

- ROSCOE, R. & MACHADO, P.L.O.A. 2002. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, p. 86.
- SÁ, I.B.; RICHE, G.R.; FOTIUS, G.A. As paisagens e o processo de degradação do semi-árido nordestino In: MMA-UFPE (Ed.) **Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília: MMA-UFPE, 2004. p.17-36.
- SACRAMENTO, J. A. A. S.; ARAÚJO, A. C. M.; ESCOBAR, M. E. O.; XAVIER, F. A. S.; CAVALCANTE, A. C. R.; OLIVEIRA, T. S. Soil carbon and nitrogen stocks in traditional agricultural and agroforestry systems in the semiarid region of Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p.: 784-795, 2013.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; COSTA, T. L. 2011. **Estoques e fluxos de carbono no semi-árido nordestino: estimativas preliminares**. Revista Brasileira de Geografia Física v. 06, p. 1275-1291.
- SAMPAIO, EVSB., 1995. **Overview of the Brazilian caatinga**. In BULLOCK, SH., MOONEY, HA. and MEDINA, E. (Eds.). Seasonally dry tropical forests. Cambridge: Cambridge University Press. p. 35-63.
- SANTANA, M. S. 2015. **Estoques De Carbono E Nitrogênio Em Solos Do Sertão Pernambucano Sob Diferentes Usos**. Recife, 2015. 62 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Tecnologias Energéticas e Nucleares.
- SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A.; DUBEUX JUNIOR, J.C.B.; GUIM, A; MELLO, A.C.L. DE; CUNHA, M. V. 2010. **Potential of Caatinga forage plants in ruminant feeding**. R. Bras. Zootec., v.39, p.204-215.
- SCOTT, N. A. et al. Soil textural control on decomposition and soil organic matter dynamics. **Soil Science Society Journal**, v.60, p.1102-1109, 1996.
- SILVA, I. R. & MENDONÇA, E. S. 2007. **Matéria orgânica do solo**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.V.H; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). SBCS, Viçosa, p. 275-374.

- SILVA, J.M.C., TABARELLI, M., FONSECA, M.T., LINS, L.V. (Eds.). 2004. **Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF.
- SILVEIRA, A.M.; VICTORIA,R.L.; BALLESTER, M,V.; CAMARGO, P.B; LUIZ MARTINELLI, A.; PICCOLO, M.C. 2000. **Simulação dos efeitos das mudanças do uso da terra na dinâmica de carbono no solo na bacia do rio piracicaba**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.35, n.2, p.389-399.
- SILVER WL, NEFF J, MCGRODDY M et al. 2000. **Effects of soil texture on belowground carbon and nutrient storage in a lowland Amazonian forest ecosystem**. *Ecosystems*, v. 3, p. 193–209.
- SMITH, J.U. & SMITH, P. 2007. **Introduction to Environmental Modelling**. New York. Oxford University Press Inc. p. 69- 113.
- SMITH, P., SMITH, J.U., POWLSON, D.S., MCGILL, W.B., ARAH, J.R.M., CHERTOV, O.G., COLEMAN, K., FRANKO, U., FROLKING, S., JENKINSON, D.S., JENSEN, L.S., KELLY, R.H., KLEIN-GUNNEWIEK, H., KOMAROV, A.S., MOLINA, J.A.E., MUELER, T., PARTON, W.J., THORNLEY, J.H.M., WHITMORE, A.P., 1997. **A comparison of the performance of nine soil organic matter models using datasets from seven long-term experiments**. *Geoderma*. V.81, p.153–225.
- SOLLINS, P.; HOMANN, P.; CALDWELL, B. 1981.Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. *Geoderma*, v. 74, p. 65-105, 1996. VAN VEEN, J.A.; PAUL, E.A. **Organic carbon dynamics in grassland soil.1**. Background information and computer simulation. *Canadian Journal of Soil Science*, Ontario, v.61, p.185-201.
- VELOSO, R. F., MCGREGOR, M. J., DENT, J. B., THORNTON, P. K., 1994. **Técnicas de modelagem de sistemas aplicadas em planejamento agrícola dos Cerrados**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 29, n.12, p.1877-1887.
- WHISLER, FD: ACOCK, B.; BAKER, D.N.; FYE, R.E.; HODGES,H.F.; LAMBERT, J.R.; LEMMON, H.E.; MCKINION, J.M.; REDDY, U.R. 1986. **Crop simulation models in agronomics systems**. *Advances in Agronomy*, New York, v. 40, p. 141- 208.

Apêndice A. Informações coletadas em 25 pontos do semiárido de Pernambuco

mesoregião	Ponto	Município	lat	long	Precipit. (mm)	T max	Tmin	classe de solo	prof. Perfil (cm)	areia (g kg ⁻¹)	silte (g kg ⁻¹)	argila (g kg ⁻¹)	densidade	% pedra	C solo (Mg ha ⁻¹)	N solo (Mg ha ⁻¹)	Biomassa aérea (Mg ha ⁻¹)	Biomassa raízes (Mg ha ⁻¹)
AGRESTE	AMC1	São Bento do Una	-8,5	-36,4	624	29	18	PLANOSSOLO	80	83,31	413,81	502,89	1,43	0,00	40,76	2,54	8,58	2,89
AGRESTE	AMC10	Santa Cruz do Capibaribe	-7,9	-36,3	558	30	19	PLANOSSOLO	40	29,62	645,89	324,49	1,41	14,16	39,90	18,54	10,18	3,33
AGRESTE	AMC11	Caetés	-8,7	-36,8	623	27	17	PLANOSSOLO	60	41,42	562,14	396,44	1,24	25,31	48,54	8,22	12,21	7,00
AGRESTE	AMC2A	São Bento do Una	-8,4	-36,5	642	29	19	ARGISSOLO	100	16,15	381,91	601,94	1,19	24,89	56,90	9,10	17,70	5,75
AGRESTE	AMC7	Venturosa	-8,6	-36,9	674	31	19	NEOSSOLO LITÓLICO	40	68,26	538,00	393,74	1,42	14,12	45,13	2,94	26,34	5,55
AGRESTE	AMC9	Garanhuns	-8,8	-36,5	783	26	17	NEOSSOLOS REGOLÍTICOS	100	120,11	406,61	473,28	1,39	0,00	56,15	5,15	31,20	11,90
AGRESTE	AMCD3	Sanharó	-8,4	-36,6	639	29	18	NEOSSOLOS REGOLÍTICOS	40	79,60	403,38	517,03	1,43	0,00	25,36	2,57	21,87	13,13
SERTÃO 1	SSFCD11	Itapetim	-7,4	-37,2	605	30	19	ARGISSOLO	80	57,58	310,79	631,63	1,25	0,00	29,97	7,48	22,18	1,73
SERTÃO 1	SSFCD12	São José do Egito	-7,4	-37,4	618	31	19	NEOSSOLO LITÓLICO	40	56,55	447,33	496,12	0,99	43,19	21,51	4,18	26,87	7,76
SERTÃO 1	SSFCD21	Floresta	-8,3	-38,4	551	29	18	LUVISSOLO	60	56,07	334,31	609,62	1,33	0,00	29,85	2,96	19,26	3,56
SERTÃO 1	SSFCD4	Custódia	-8,3	-37,6	609	32	19	LUVISSOLO	60	31,05	417,62	551,33	1,36	4,93	67,47	16,16	15,00	5,67
SERTÃO 1	SSFCD7	Arcoverde	-8,5	-37,2	614	30	19	PLANOSSOLO	60	119,00	440,50	440,50	1,56	0,00	32,67	1,39	15,10	6,71
SERTÃO 1	SSFCD8	Iguaraci	-7,9	-37,4	650	31	19	PLANOSSOLO	80	45,43	672,22	282,34	1,45	0,00	48,09	17,93	20,57	6,67
SERTÃO 1	SSFCD9	Tuparetama	-7,6	-37,4	626	31	19	PLANOSSOLO	80	45,64	477,77	476,58	1,36	25,39	56,91	8,28	22,63	3,93
SERTÃO 1	SSFCD13	Carnaíba	-7,7	-37,7	668	32	20	NEOSSOLO LITÓLICO	60	65,92	422,77	511,31	1,41	0,00	68,23	11,99	16,43	9,13
SERTÃO 2	SBTCD1	Exú	-7,4	-39,7	683	32	19	LATOSSOLO	100	822,60	47,15	130,25	1,44	0,00	25,72	1,78	22,32	4,68
SERTÃO 2	SBTCD10	Afrânio	-8,5	-41,1	572	32	21	NEOSSOLO LITÓLICO	50	268,35	331,10	400,60	1,14	0,00	35,01	3,33	12,28	2,41
SERTÃO 2	SBTCD11	Salgueiro	-8,1	-39,2	572	33	20	PLANOSSOLO	30	627,45	322,40	50,15	1,52	0,00	18,76	2,08	7,31	1,74
SERTÃO 2	SBTCD13	Salgueiro	-8,1	-39,3	572	33	20	PLANOSSOLO	60	779,10	161,60	59,35	1,54	0,00	15,51	1,63	15,20	1,20
SERTÃO 2	SBTCD2	Ipubi	-7,7	-40,2	703	31	19	ARGISSOLO	100	725,35	134,05	140,60	1,35	0,00	29,24	2,58	9,06	3,88
SERTÃO 2	SBTCD5	Bodocó	-7,6	-40,1	692	32	19	ARGISSOLO	100	714,70	113,45	171,85	1,42	0,00	35,40	2,54	11,11	4,59
SERTÃO 2	SBTCD8	Araripina	-7,8	-40,5	598	31	19	NEOSSOLO LITÓLICO	100	502,10	289,00	208,90	1,26	0,00	32,61	2,52	33,55	3,99
SERTÃO 2	SBTCD9	Araripina	-7,4	-40,4	666	31	19	LATOSSOLO	100	775,40	60,00	164,60	1,39	0,00	33,80	2,03	17,02	-
SERTÃO 2	SBTCD6	Bodocó	-7,7	-40,0	639	32	19	ARGISSOLO	100	780,90	113,70	105,40	1,49	0,00	43,39	3,19	18,44	2,04
SERTÃO 2	SBTCD12	Salgueiro	-8,0	-39,1	663	33	20	NEOSSOLO LITÓLICO	40	481,25	330,50	188,30	1,37	56,17	8,73	1,05	10,36	3,03

Apêndice B. Alterações nos parâmetros do arquivo TREE.100 do modelo CENTURY 4.5

Parâmetro	valor	
	(Atholff, 215)	presente estudo
'PRDX(2)'	0,2	1,5

Apêndice C. Alterações nos parâmetros do arquivo Fix.100 do modelo CENTURY 4.5

Parâmetro	valor	
	Altholff, 215	presente estudo
'ADEP(1)'	10	10
'ADEP(2)'	10	10
'ADEP(3)'	10	10
'ADEP(4)'	10	10
'ADEP(5)'	0	20
'ADEP(6)'	0	20
'ADEP(7)'	0	20
'ADEP(8)'	0	0
'ADEP(9)'	0	0

Apêndice D. Comparação entre valores reais e simulados pelo modelo CENTURY em 25 pontos do semiárido de Pernambuco.

Ponto	C solo (Mg ha ⁻¹)		N solo (Mg ha ⁻¹)		Razão C:N		Biomassa arbórea aérea (Mg ha ⁻¹)		Biomassa radicular (Mg ha ⁻¹)		Estoque de C solo+vegetação (Mg ha ⁻¹)	
	obs. ¹	simul. ²	obs. ¹	simul. ²	obs. ¹	simul. ²	obs. ¹	simul. ²	obs. ¹	simul. ²	obs. ¹	simul. ²
AMC1	40,76	57,63	2,54	6,55	16,07	8,81	8,58	21,75	2,89	12,22	52,23	91,61
AMC10	39,90	51,85	18,54	5,43	2,15	9,55	10,18	16,30	3,33	9,40	53,40	77,55
AMC11	48,54	53,47	8,22	5,75	5,90	9,31	12,21	19,93	7,00	11,34	67,76	84,75
AMC2A	56,90	65,08	9,10	7,77	6,25	8,37	17,70	23,44	5,75	13,23	80,35	101,76
AMC7	45,13	53,05	2,94	5,75	15,36	9,23	26,34	20,55	5,55	11,77	77,02	85,37
AMC9	56,15	52,18	5,15	5,62	10,90	9,28	31,20	30,09	11,90	16,54	99,25	98,81
AMCD3	25,36	57,84	2,57	6,66	9,88	8,68	21,87	20,89	13,13	11,76	60,36	90,49
SSFCD11	29,97	66,27	7,48	8,07	4,01	8,21	22,18	18,61	1,73	10,64	53,88	95,53
SSFCD12	21,51	60,23	4,18	6,94	5,14	8,68	26,87	19,22	7,76	10,87	56,13	90,31
SSFCD21	29,85	61,26	2,96	7,54	10,09	8,13	19,26	14,39	3,56	8,27	52,67	83,92
SSFCD4	67,47	61,90	16,16	7,41	4,18	8,36	15,00	18,19	5,67	10,44	88,13	90,54
SSFCD7	32,67	53,74	1,39	5,97	23,42	9,00	15,10	18,58	6,71	10,57	54,48	82,89
SSFCD8	48,09	52,29	17,93	5,19	2,68	10,08	20,57	20,16	6,67	11,57	75,33	84,03
SSFCD9	56,91	57,40	8,28	6,09	6,87	9,42	22,63	20,65	3,93	11,86	83,47	89,92
SSFCD13	68,23	60,87	11,99	7,07	5,69	8,61	16,43	20,91	9,13	11,87	93,78	93,65
SBTCD1	25,72	23,91	1,78	1,81	14,42	13,25	22,32	19,61	4,68	11,12	52,72	54,64
SBTCD10	35,01	39,34	3,33	4,37	10,53	9,01	12,28	14,27	2,41	8,34	49,71	61,95
SBTCD11	18,76	22,62	2,08	1,54	9,03	14,73	7,31	13,46	1,74	7,76	27,80	43,84
SBTCD13	15,51	20,79	1,63	1,42	9,51	14,67	15,20	14,15	1,20	8,19	31,91	43,13
SBTCD2	29,24	25,01	2,58	1,96	11,35	12,76	9,06	17,12	3,88	9,73	42,18	51,86
SBTCD5	35,40	26,47	2,54	2,17	13,92	12,17	11,11	18,57	4,59	10,47	51,10	55,50
SBTCD8	32,61	31,81	2,52	2,86	12,94	11,13	33,55	15,88	3,99	9,14	70,15	56,83
SBTCD9	33,80	24,96	2,03	2,03	16,62	12,27	17,02	18,30	-	-	-	-
SBTCD6	43,39	23,03	3,19	1,68	13,61	13,70	18,44	17,01	2,04	9,68	63,87	49,73
SBTCD12	8,73	32,12	1,05	2,72	8,30	11,83	10,36	18,84	3,03	10,62	22,12	61,59

(Obs.¹= valores reais observados; simul.²= valores simulados.)