



## Determinação do coeficiente de recessão médio para a bacia hidrográfica dos Rios Turvo - Santa Rosa - Santo Cristo

**Fernando Pasini<sup>1</sup>; Malva A. Mancuso<sup>2</sup>; Fernanda Cantoni<sup>3</sup>; Andressa G. Glusczak<sup>4</sup>; Jessica O. Demarco<sup>5</sup>;**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Maria ([fernando\\_pasini@hotmail.com](mailto:fernando_pasini@hotmail.com));

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria ([malvamancuso@uol.com.br](mailto:malvamancuso@uol.com.br));

<sup>3</sup>Universidade Federal de Santa Maria ([cantoni.f@hotmail.com](mailto:cantoni.f@hotmail.com))

<sup>4</sup>Universidade Federal de Santa Maria ([andressa.g@hotmail.com](mailto:andressa.g@hotmail.com));

<sup>5</sup>Universidade Federal de Santa Maria ([jessica-demarco@hotmail.com](mailto:jessica-demarco@hotmail.com)).

### Resumo

Uma das formas de estimar a disponibilidade hídrica subterrânea, a nível de bacia hidrográfica, é quantificando o fluxo de base do aquífero, o qual pode ser feito por meio da descarga no curso de água superficial. Tal fluxo é acentuado em épocas de estiagem, ou seja, quando ocorre a recessão no hidrograma de vazões. Este trabalho estimou o coeficiente de recessão ( $\alpha$ ) médio de hidrogramas de séries históricas de vazões de cinco postos fluviométricos localizados na bacia dos Rios Turvo - Santa Rosa - Santo Cristo (U30) (RS). Os dados foram organizados na forma de médias mensais históricas e plotados em hidrogramas, após identificados os períodos de recessão relativos ao fluxo de base do aquífero, foi aplicada a equação de Maillet a qual resultou em um  $\alpha$  médio de  $4,1 \times 10^{-3}$  dia $^{-1}$ , valor este condizente com as características geomorfológicas do local de estudo, indicando que o aquífero possui baixa transmissividade e alto potencial para reservas subterrâneas.

Palavras-chave: Método de Maillet; Fluxo de base; Águas Subterrâneas.

Área Temática: Recursos Hídricos.

## Determination of the mean recession coefficient for the Turvo Rivers basin - Santa Rosa - Santo Cristo

### Abstract

*One of the ways of estimating groundwater availability, a watershed solution, is to quantify the flow of the base of implantation, which can be done by the discharge medium in the surface water course. Such flow is accentuated in times of drought, that is, when a recession occurs without hydrographs of flows. This work estimated the coefficient of recession ( $\alpha$ ) of hydrographs of historical series of voids of five fluviometric stations located in the Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo (U30) basin. The data were organized in the form of monthly historical averages and plotted on hydrographs, after being identified in the recession periods related to the base flow of implantation, the Maillet equation was applied, which resulted in a mean of  $4,426 \times 10^{-3}$  day $^{-1}$ , which is consistent with the geomorphological characteristics of the study site, indicating that the aquifer has low transmission and high potential of underground reserves.*

*Key words: Maillet Method; Base Flow; Groundwater.*

*Theme Area: Water resources.*



## 1. Introdução

O estado do Rio Grande do Sul é cortado por diversas drenagens superficiais, dividindo o estado em três grandes regiões hidrográficas: a região do Guaíba, a do Litoral Norte e a do Rio Uruguay, subdividindo-o em 25 bacias hidrográficas (MOTTER, 2015). Essa divisão é extremamente importante para a gestão descentralizada dos recursos hídricos, assim como propõem a Lei Federal 9.433/1997 (Política Nacional dos Recursos Hídricos) e a Lei Estadual 10.350/1994 (Política Estadual de Recursos Hídricos).

Tucci (2012), define uma bacia hidrográfica como a área territorial total que faz convergir os escoamentos e drenagens em um único ponto de saída, o exutório. Enquanto que Todd (1996) define o termo bacia de águas subterrâneas, como sendo a unidade fisiográfica que contém um grande aquífero, ou vários inter-relacionados. Entretanto, destaca-se que não necessariamente a bacia de drenagem superficial coincide com a bacia subterrânea.

Apesar de considerar o ciclo hidrológico ocorre como um sistema aberto, costuma-se delimitá-lo a uma determinada área, a bacia hidrográfica, a qual pode ser considerada como um sistema físico em que a entrada de água é estimada pelo volume proveniente da precipitação e a saída de água é estimada pelo volume escoado pelo exutório (TUCCI, 2012). Torna-se de fundamental importância o planejamento e uma correta gestão da utilização do recurso hídrico, visto que a demasiada utilização de água em um ponto da bacia compromete a disponibilidade nos demais locais (TODD, 1996).

O estudo do ciclo hidrológico foca principalmente na avaliação e compreensão do comportamento das vazões superficiais, para o qual se utilizam os hidrogramas, que resultam da influência de fatores fisiográficos e hidrometeorológicos entre outros (DE AZEVEDO, 2014).

A interpretação da curva de recessão de um hidrograma de vazões permite identificar a relação entre o aquífero e a drenagem superficial. A interação, ocorre pelo leito e margens do canal de drenagem, e a contribuição aquífero-rio, ou escoamento de base do aquífero, incrementa o volume de água do rio, sendo essencial, principalmente em épocas de estiagem (GONÇALVES; ENGELBRECHT; CHANG, 2016).

A análise quantitativa deste trabalho baseia-se na tese de Maillet (1905), que é um dos precursores no entendimento da recessão de hidrogramas, quantificando a interação entre as águas superficiais e as águas subterrâneas. O autor definiu que a recessão do hidrograma possui tendência exponencial e o coeficiente ( $\alpha$ ) é diretamente proporcional à diferença do logaritmo das vazões de início e fim da recessão e inversamente proporcional à constante 0,4343 (proporcional a  $\log(e)$ ) multiplicada pelo tempo decorrido (PASINI, FORMENTINI; MANCUSO, 2017). Assim como as equações (1 e 2) a seguir apresentam.

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha t} \quad (1)$$

Ou também

$$\alpha = \frac{\log Q_0 - \log Q_t}{0,4343 \cdot t} \quad (2)$$

Sendo:

$Q_0$ : A vazão no início da recessão ( $m^3/s$ );

$Q_t$ : A vazão no instante  $t$  da recessão ( $m^3/s$ );

$\alpha$ : O coeficiente de recessão em  $dia^{-1}$ ;

$t$ : O tempo que leva do instante  $Q_0$  até o  $Q_t$  (dias).

Para Miranda (2012), a curva de recessão é o período do hidrograma em que a vazão do rio é alimentada pelo escoamento de base do aquífero, e essa recessão apresenta a



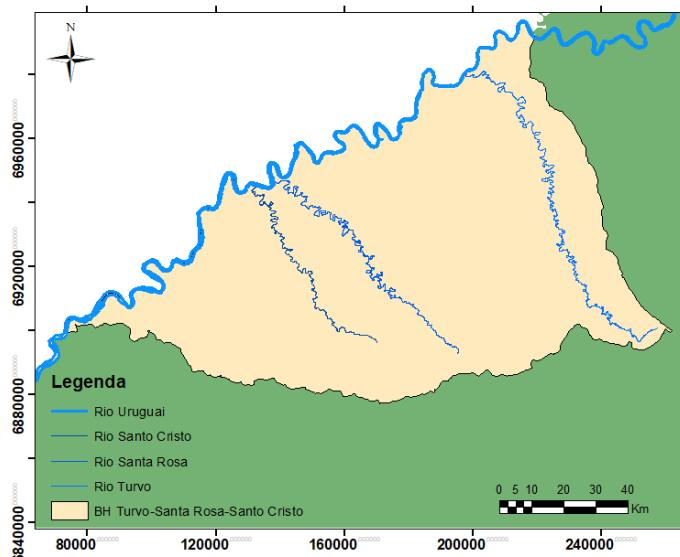
característica de possuir inicialmente inclinação acentuada e, posteriormente, suave. Durante esse período considera-se que o aquífero contribui para a regularização da vazão do rio. Para realizar essa análise torna-se necessária a utilização de hidrogramas de séries históricas de vazões, na forma de médias mensais históricas (SILVA, BACELLAR; FERNANDES, 2010).

O Coeficiente de recessão ( $\alpha$ ) varia entre  $10^{-4}$  e  $10^{-1}$  e é utilizado como indicador do potencial de armazenamento de água subterrânea nos aquíferos, uma vez que maiores valores de  $\alpha$  estão relacionados a uma maior transmissividade e consequente menor volume de reservas subterrâneas (MIRANDA, 2012). Desta forma, este trabalho visa determinar o coeficiente de recessão ( $\alpha$ ) médio da bacia hidrográfica dos Rios Turvo - Santa Rosa - Santo Cristo, aplicando a Equação de Maillet em 5 hidrogramas de séries históricas coletadas em pontos espalhados pela bacia.

## 2. Área de estudo

A área de estudo limita-se à bacia hidrográfica U30, dos Rios Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo (Figura 1). A região ocupa a porção norte, noroeste e oeste do estado do Rio Grande do Sul, e é composta por 55 municípios. A bacia possui 10.753,83 Km<sup>2</sup> de área drenada e os principais cursos de água são os rios Amandaú, Buricá, Comandaí, Lajeado Grande, Santo Cristo, Santa Rosa e Turvo todos drenando para o Rio Uruguai (MOTTER; FOLETO, 2010).

Figura 1- Representação da Bacia Hidrográfica dos Rios Turvo- Santa Rosa- Santo Cristo



A região ocupa o centro-sul do compartimento geológico da grande bacia do Paraná, pertence a formação Serra Geral, constituída por rochas basálticas oriundas de diversos derrames de lava. A bacia está sobre o Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) que possui como características o bom armazenamento hídrico e sua baixa drenança que ocorre por disjunções de rocha e zonas vesiculares (CUNHA et al, 2016).

O intemperismo originou solos argilosos como o latossolos vermelho distroférreico típico e chernossolo argilúvico férreiro típico, ambos são profundos, homogêneos e se caracterizam pela boa drenagem e fertilidade (MOTTER, 2015). A vegetação nativa da região pertence ao ecossistema de Mata Atlântica, com Floresta Estacional Decidual, porém, hoje são encontrados apenas alguns fragmentos de mata, a qual deu espaço a áreas de cultivo agrícola.



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

O clima da região segundo a classificação de Köppen é descrito como subtropical CFA, apresenta temperaturas de -3 a 18 °C nos meses mais frios e superiores a 22 °C nos mais quentes, tendo uma precipitação média de 1500mm/ano (CUNHA et al, 2016).

### 3. Metodologia

Para a quantificação dos coeficientes de recessão foi necessária a aquisição das séries históricas de vazões das drenagens superficiais, para isso foi consultado o sistema de informações hidrológicas Hidroweb, da Agência Nacional de Águas – ANA.

Os postos fluviométricos escolhidos encontram-se nas cidades de Horizontina, Três Passos, Cerro Largo, Porto Lucena e Santa Rosa, nos rios Buricá, Turvo, Comandá, Uruguai e Santo Cristo, respectivamente (Tabela 1). Esses postos foram escolhidos considerando que durante o período analisado não houve influência de obras nos rios (como barragens), o que ocasionaria alteração no regime das drenagem e erro no cálculo do  $\alpha$ .

Tabela 1 – Localização e série de anos das estações utilizadas para cálculo do coeficiente de recessão do hidrograma de vazões.

Cidade	Código da Estação	Localização	Rio	Série
Horizontina	74610000	-27,5225 -54,2333	Rio Buricá	2006-1997 (9 anos)
Três Passos	74470000	-27,3922 -53,8808	Rio Turvo	2006-1965 (41 anos)
Cerro Largo	74880000	-28,0631 -54,7558	Rio Comandai	2006-1997 (9 anos)
Porto Lucena	74800000	-27,8544 -55,0225	Rio Uruguai	1960-1931 (29 anos)
Santa Rosa	74750000	-27,845 -54,5561	Rio Santo Cristo	2006-1942 (64 anos)

A análise dos dados brutos foi realizada apenas nos registros consistidos. Destes, foram separadas as médias mensais histórica, que foram plotadas em gráficos na forma de hidrogramas (Vazão (m<sup>3</sup>/s) / Tempo(Mês)) possibilitando distinção entre os períodos de ascensão e recessão do hidrograma.

Depois de prontos os hidrogramas, estes foram analisados e foi isolada a vazão referente à vazão inicial ( $Q_0$ ), vazão no instante  $t$  ( $Q_t$ ), e o tempo ( $t$ ) de duração da recessão atribuída ao fluxo de base do aquífero, em pose dessas informações foi aplicada a equação 02 e encontrado o valor do coeficiente de recessão ( $\alpha$ ).

### 4. Resultados

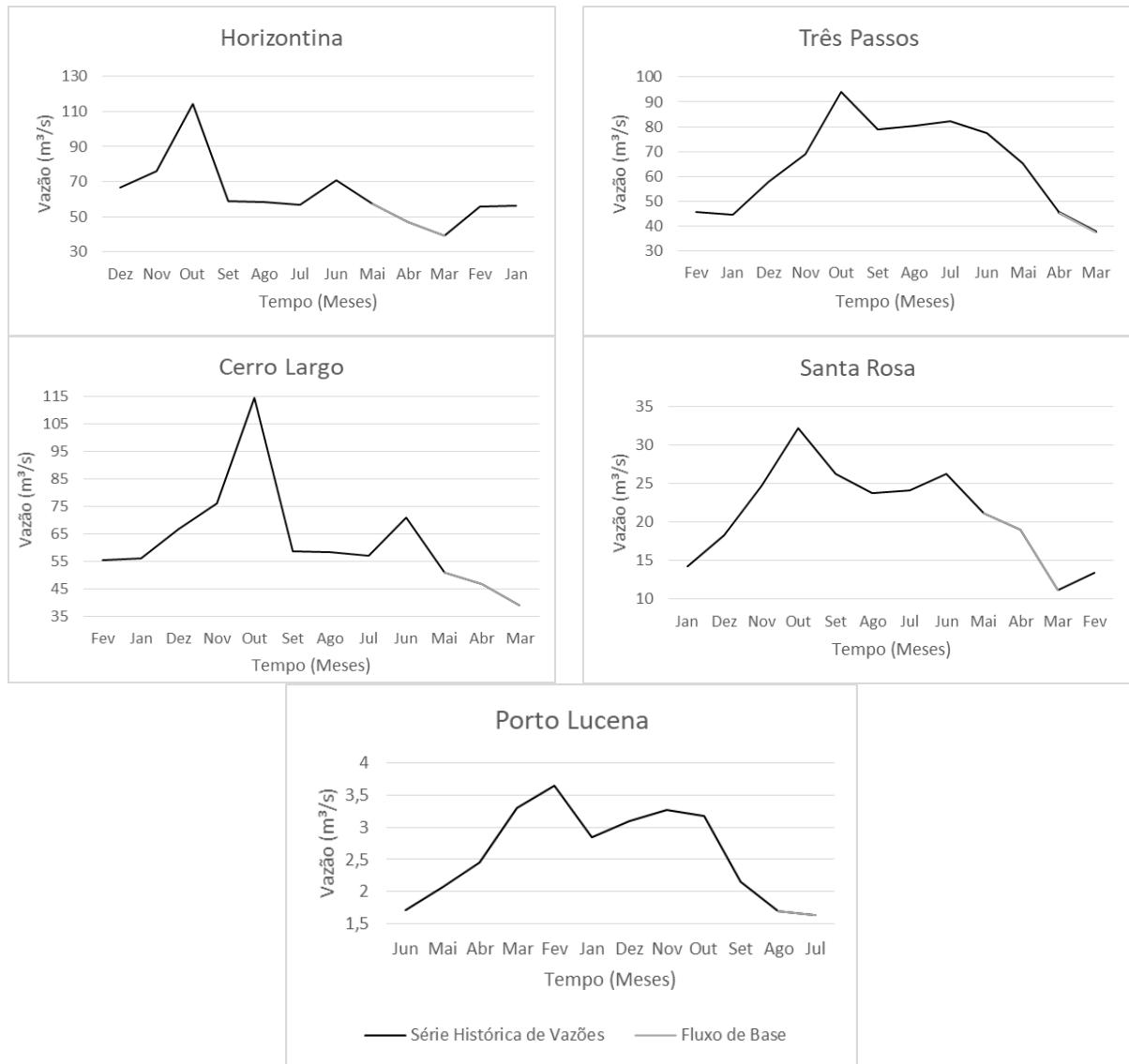
O período de escoamento de base ocorre quando o hidrograma apresenta um suave declínio do nível e após retoma a ascensão do hidrograma (Figura 2). Miranda (2012), indica que é subjetiva a interpretação da curva podendo haver erros, principalmente quando se tratar de poucos pontos utilizados, desta forma o tratamento prévio dos dados a ser utilizados reduz o erro.



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Figura 2 - Hidrogramas das séries mensais históricas das cinco estações fluviométricas da bacia hidrográfica dos rios Turvo - Santa Rosa - Santo Cristo utilizadas para análise.



O início do período de recessão coincide com o mês de Maio em três das as estações fluviométricas analisadas (Santa Rosa, Cerro Largo e Horizontina), na estação de Três Passos é verificado em Abril e na de Porto Lucena apenas em Agosto. Novaes et al. (2009) calculou o coeficiente de recessão de algumas regiões de Minas Gerais e verificou que a maioria dos postos iniciava sua recessão em Maio e Junho.

MIRANDA (2012) indica que o coeficiente de recessão ( $\alpha$ ) deve manter-se entre  $10^{-4}$  e  $10^{-1}$ , o coeficiente médio para a bacia é de  $4,1 \times 10^{-3}$  dia $^{-1}$  (Tabela 2) ou seja, está na faixa indicada. Pasini, Formentini e Mancuso (2017) analisaram o  $\alpha$  de uma estação localizada no município de Frederico Westphalen na Bacia Hidrográfica do Rio da Várzea, a qual também está sobre o SASG. Os autores encontraram um  $\alpha$  de  $0,00958$  dia $^{-1}$ , muito próximo do resultado deste estudo.

Tabela 2 – Vazões de início e fim do fluxo de base e  $\alpha$  calculado para cada posto fluviométrico.

Estação Fluviométrica	$Q_t$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_0$ (m <sup>3</sup> /s)	t (dias)	$\alpha$ (dias <sup>-1</sup> )
74470000	37,7293	45,40093	30	0,0062
74610000	39,01222	57,174	60	0,0064
74880000	39,01222	51,1063	60	0,0045
74750000	19,00615	21,18831	60	0,0018
74800000	1,628667	1,702	30	0,0015
			Média	0,0041

Visto que o coeficiente é proporcional à transmissividade do aquífero e à capacidade de armazenamento de água na bacia (SILVA, BACELLAR e FERNANDES, 2010), considera-se que a bacia dos Rios Turvo - Santa Rosa - Santo Cristo apresenta um baixo coeficiente de recessão médio ( $4,1 \times 10^{-3}$  dia<sup>-1</sup>) corroborando as características do SASG, que possui baixa condutividade hidráulica, baixa transmissividade e baixa capacidade de armazenamento de grandes volumes de água (CUNHA et al., 2016).

## 5. Considerações Finais

A análise de hidrogramas é uma excelente forma de verificar o comportamento do sistema de drenagem superficial e subterrâneas, ele fornece informações valiosas para a gestão e o planejamento dos recursos hídricos da bacia. O coeficiente de recessão é base para diversos estudos relacionados ao comportamento do aquífero, como de transmissividade, volume de recarga por fluxo de base, condutividade hidráulica e por consequência estimativas de disponibilidade hídrica.

O valor de  $\alpha$  calculado ( $4,1 \times 10^{-3}$  dia<sup>-1</sup>) é condizente com as características hidrogeológicas locais, indicando que o método de Maillet pode ser aplicado em outros estudos referentes ao tema na região.

Por fim recomendam-se testes a campo, a fim de comprovar a veracidade das informações constatadas via método indireto e obter novos dados para aplicação do  $\alpha$  em outros estudos relativos à temática.

## 6. Referências

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 9433**, de 08 de janeiro de 1997. Brasília, 1997.

CUNHA, G.G.; ROISENBERG, A.; PULGATI, F. H.; FREITAS, M. A. Hidrogeoquímica do Sistema Aquífero Serra Geral na região do Alto Rio Uruguai, Noroeste do Rio Grande do Sul e sua relação espacial com a tectônica rúptil. **Pesquisas em Geociências**, 43 (1): 55-67, jan./abr 2016.

DE AZEVEDO, K. T; ALEXANDRINO, C. H; MOREIRA, D. P. F.; PEREIRA, G. A.; ROCHA, B. H. D. Obtenção de um hidrograma de um trecho do Rio Mucuri-Minas Gerais. **Revista Águas Subterrâneas**, 2014. São Paulo, Brasil.

GONÇALVES, R. D.; ENGELBRECHT, B. Z.; CHANG, H. K. Análise hidrológica de séries históricas da bacia do Rio Grande (BA): contribuição do Sistema Aquífero Urucuia. **Revista Águas Subterrâneas**, 2016.V.30 n.2 pg190-208.



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

MAILLET, E. (1905) *Essais d'Hydraulique Souterraine et Fluviale*. Herman, Paris, France.

MIRANDA, A. C. R. **Métodos de Separação dos escoamentos superficiais direto e Subterrâneo: estudo de caso para a bacia do rio das velhas**. Dissertação (Engenharia Agrícola) Universidade federal de Viçosa- UFV, Viçosa- MG.2012.

MOTTER, A. F. C. (2015) Colonização europeia no NW do Rio Grande do Sul primeiros sinais de desequilíbrios ambientais. **Mercator (Fortaleza)** vol.14 no.1 Fortaleza Jan./Apr. 2015.

MOTTER, A. F. C. e FOLETO, E. M. Um olhar sobre a gestão dos recursos hídricos: o caso do comitê de gerenciamento da Bacia Hidrográfica dos Rios Santa Rosa, Santo Cristo e Turvo - Noroeste do Rio Grande do Sul. **Perspectiva**, Erechim- RS. v.34, n.126, p. 143-155, junho de 2010.

NOVAES, L.F.; PRUSKI, F.F.; QUEIROZ, D. O.; RODRIGUEZ, R.G.; SILVA, D.D.; RAMOS, M. M. Modelo para a Quantificação da Disponibilidade Hídrica: Parte 1 — Obtenção da Equação de Recessão. **RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. 2009. Volume 14 n.1 Jan/Mar, 15-26.

PASINI, F; FORMENTINI, J; MANCUSO, M. A. Utilização da Equação de Maillet para determinação do coeficiente de recessão de hidrograma do Aquífero Serra Geral. **Integra EAS, Anais...**Universidade Federal de Santa Maria- Frederico Westphalen, RS. 2017.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria estadual do Meio Ambiente. **Lei Estadual n.º 10.350**, de 30 de dezembro de 1994. Porto Alegre, 1994.

SILVA, G. F. R; BACELLAR, L. A. P.; FERNANDES, K.N. Estimativa de parâmetros de aquíferos através do coeficiente de recessão em áreas de embasamento cristalino de Minas Gerais. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, 2010. 63(3): 465-471, jul. set.

TUCCI C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Editora UFRGS/ABRH, 2012. Porto Alegre- RS.

TODD, D. K. **Hidrologia de aguas subterrâneas**. Sao Paulo: Edgard Blucher, 1959. 319 p. Traducao de: Araken Silveira e Evelyn Bloem Souto Silveira.