

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise por Difração e espectrometria de Fluorescência de Raios X

A Tabela 12 apresenta os valores percentuais dos óxidos identificados por meio da análise por Fluorescência de Raios X das amostras cerâmicas e de sedimentos das duas áreas estudadas do Sítio Aldeia do Carlos (PI).

Observa-se uma semelhança nos percentuais dos óxidos de SiO_2 e K_2O entre as cerâmicas. Porém, avaliando os demais óxidos não é possível concluir que os cerâmicos tenham sido manufaturados com argila proveniente de um mesmo depósito. Com relação aos sedimentos, também são observadas semelhanças entre as amostras, sugerindo que nas duas áreas estudadas não há uma variação nos constituintes presentes no solo. A partir das concentrações dos óxidos apresentados na Tabela 12, também foi possível concluir que os sedimentos apresentam percentuais óxidos diferentes das amostras cerâmicas.

Tabela 12: Concentrações percentuais, em ordem decrescente, dos óxidos presentes nas amostras cerâmicas e de sedimento, do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos - PI.

Elemento (%)	Área B1		Área D1	
	Cerâmica 179703	Sedimento 179705	Cerâmica 179728	Sedimento 179729
SiO_2	55,40	57,30	53,60	63,80
Al_2O_3	21,20	26,10	18,60	22,10
Fe_2O_3	13,20	13,30	16,70	11,00
K_2O	4,49	0,68	4,89	0,69
TiO_2	1,93	1,81	3,12	1,50
CaO	1,58	0,09	0,96	0,23
P_2O_5	0,67	0,21	0,76	0,09
BaO	0,30	n.d.	0,31	0,20
MgO	0,29	0,08	0,26	n.d.
SrO	0,24	0,01	0,25	0,02
SO_3	0,22	0,19	0,16	0,20
MnO	0,16	0,03	0,09	n.d.
Na_2O	0,14	n.d.*	0,06	0,06
ZrO_2	0,06	0,10	0,06	0,11
Cr_2O_3	0,04	0,05	0,05	tr.**
ZnO	0,04	0,01	0,04	n.d.
Rb_2O	0,03	0,01	0,04	0,01
NiO	0,02	0,01	0,03	n.d.
Ga_2O_3	0,02	0,01	0,02	0,01
CuO	0,01	0,01	0,01	n.d.
Nb_2O_5	0,01	tr.	0,01	n.d.
PbO	0,01	n.d.	0,01	n.d.
Y_2O_3	n.d.	tr.	n.d.	n.d.
TOTAL	100	100	100	100

*n.d. = não detectado; ** tr. = traços.

A Figura 29 apresenta os difratogramas de raios X obtidos para as amostras cerâmicas 179701 (parte b) e 179703 da Área B1, e 179717 e 179724 da Área D1. Para uma melhor visualização, os difratogramas dessas amostras foram deslocados ao longo do eixo y.

A partir destes difratogramas foram identificadas as fases minerais com base nos padrões difratométricos da *Inorganic Crystal Structure Database* (ICSD).

A principal fase mineral identificada foi a do quartzo alfa, cujos picos principais estão localizados nas posições 2θ igual a $20,8^\circ$, $26,6^\circ$ e $36,5^\circ$ (FRONDEL, 1962). Picos principais de outros minerais também foram observados nos difratogramas e correspondem aos seguintes minerais: muscovita, albita (feldspato sódico) e microclina (feldspato potássico). Com exceção da fase mineral do feldspato microclínio, observado apenas na amostra 179703, todas as amostras apresentaram as fases minerais da albita, muscovita e quartzo. A Tabela 13 apresenta um resumo das fases minerais identificadas nos difratogramas.

Como em todos os difratogramas a fase mineral do quartzo foi identificada, a partir deste resultado, pode-se assegurar o uso destas amostras cerâmicas para datação por TL.

Tabela 13: Fases cristalinas observadas nos difratogramas de raios X das amostras cerâmicas 179701 (parte b), 179703, 179717 e 179724 do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos - PI .

Fase Mineral		Área B1		Área D1	
		179701(parte b)	179703	179717	179724
Feldspatos	Albita	x	x	x	x
	Microclínio	-	x	-	-
Muscovita		x	x	x	x
Quartzo		x	x	x	x

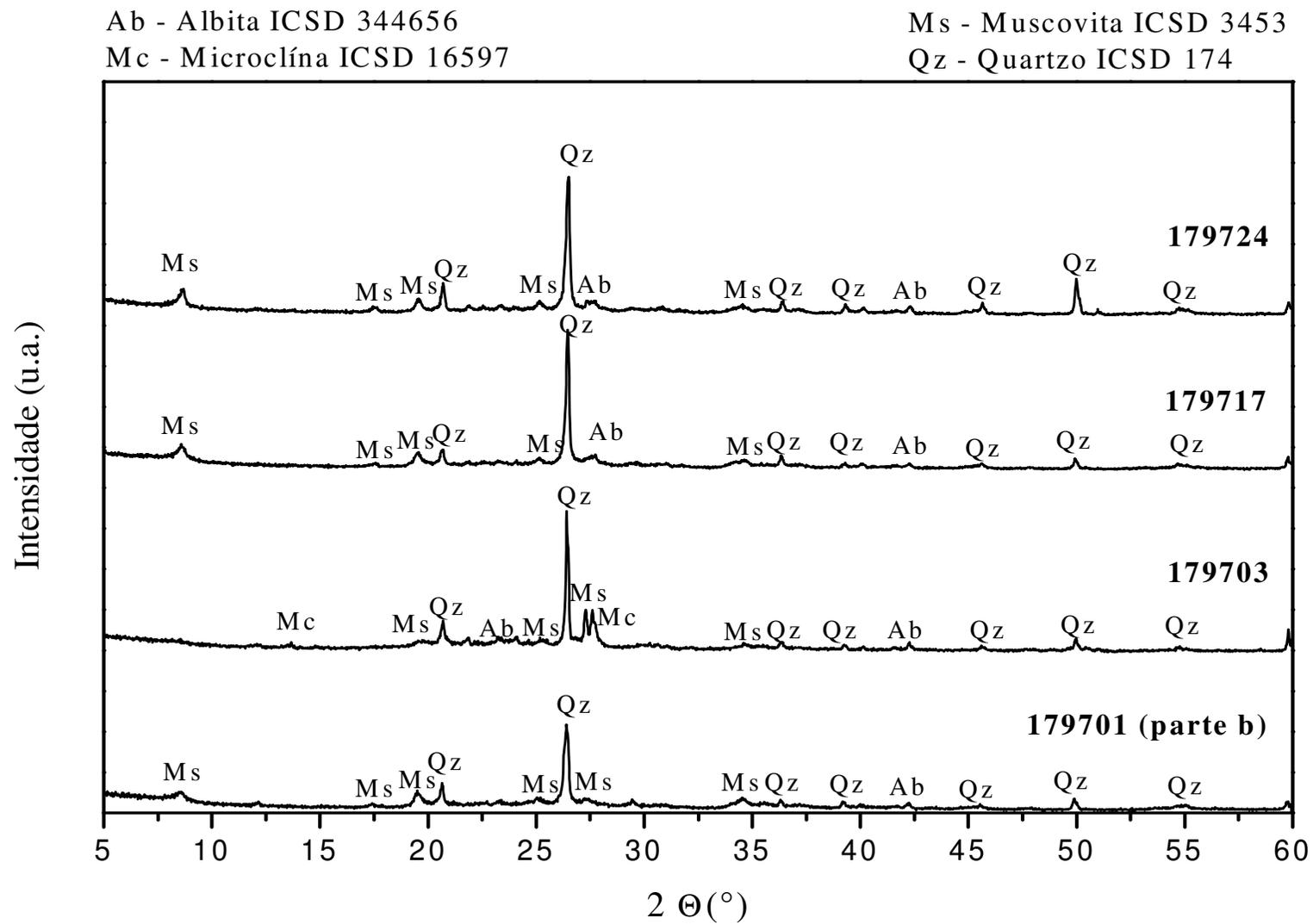


Figura 29: Difratogramas das amostras cerâmicas 179701(parte b), 179703, 179717 e 179724 do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI).

4.3. Avaliação do processo de determinação da dose acumulada

O resultado do estudo que utilizou a cerâmica de Igarassu (PE) com dose natural simulada em laboratório com dose de 5 Gy, conforme procedimento descrito no Item 3.4.1.5, para avaliar a metodologia utilizada na determinação da dose acumulada nas cerâmicas do Sítio Aldeia do Carlos (PI) é descrito a seguir.

4.3.1. Estudo do patamar

A Figura 30 mostra a curva de emissão TL da amostra cerâmica de Igarassu (PE) com dose natural simulada (A) e com dose de 13 Gy acima da dose natural simulada (B).

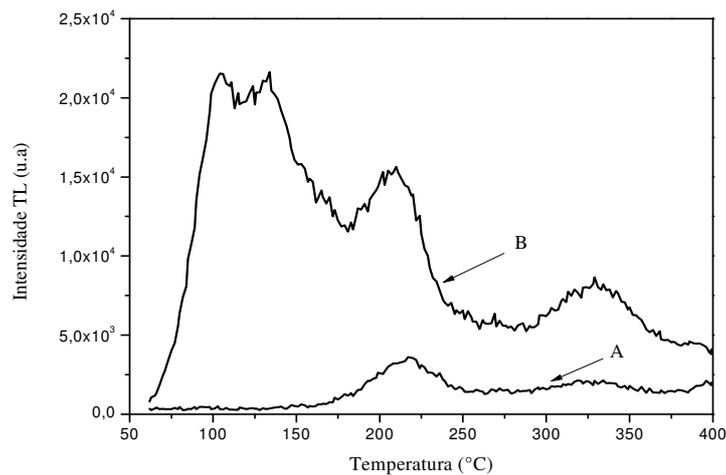


Figura 30: Curvas de emissão TL para dose natural simulada (A) e dose natural simulada mais dose adicional de 13 Gy (B).

A partir destas curvas de emissão TL foi possível traçar o gráfico mostrado na Figura 31 que relaciona a razão das leituras TL entre as curvas A e B com a temperatura de aquecimento. Observa-se que na região de temperatura entre 220 e 375 °C a razão das leituras TL é constante, indicando que esta é a parte estável da curva de emissão TL e, portanto, corresponde à região de interesse para a realização das medidas neste estudo.

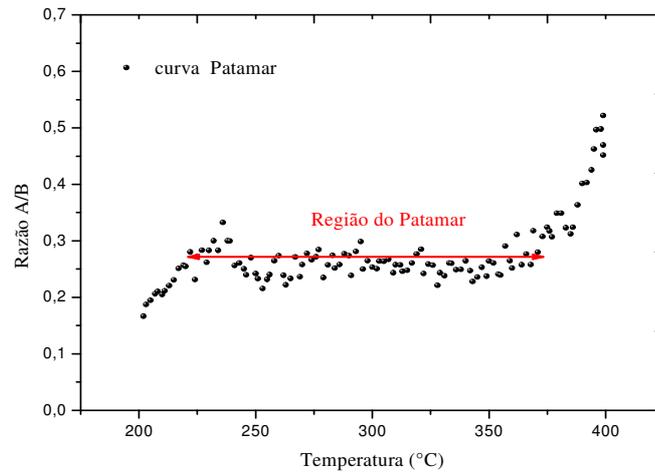


Figura 31: Curva Patamar obtida através das curvas de emissão TL das amostras A e B.

4.3.2. Estudo do pré-aquecimento

A Figura 32 mostra as curvas de emissão TL sem e com pré-aquecimento em 150 °C por 20 minutos para a amostra cerâmica que teve o sinal TL apagado e em seguida foi irradiada com dose de 13 Gy. Observa-se que a curva de emissão TL obtida após o pré-aquecimento não exibe os picos TL instáveis localizados abaixo de 200 °C, e se aproxima do formato da curva de emissão TL de uma amostra natural. Por esta razão, este pré-aquecimento foi adotado antes das leituras TL neste estudo.

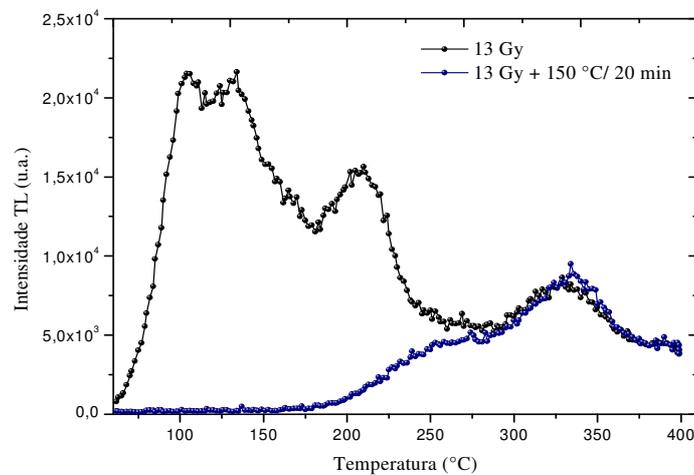


Figura 32: Curvas de emissão TL para amostra zerada e irradiada com dose de 13 Gy com e sem pré-aquecimento de 150°C por 20 minutos antes da leitura TL.

4.3.3. Determinação da dose acumulada

Uma vez identificada a região estável da curva de emissão TL da amostra cerâmica e a temperatura de pré-aquecimento que elimina os picos TL instáveis das curvas de emissão TL, foi aplicada a metodologia descrita no Item 3.4.1.1 para a determinação da dose acumulada.

A Figura 33 mostra as curvas de emissão TL em função da dose obtida. Observa-se que na região de interesse para este estudo (entre 220 e 375 °C) as curvas de emissão TL apresentaram picos TL sobrepostos, dificultando a observação dos picos TL ditos característicos para o quartzo localizados em 325 e 375 °C. Contudo, é possível notar que quando a amostra é aquecida a uma taxa de 4°C/s as curvas de emissão TL exibem picos TL por volta de 270 e 333 °C.

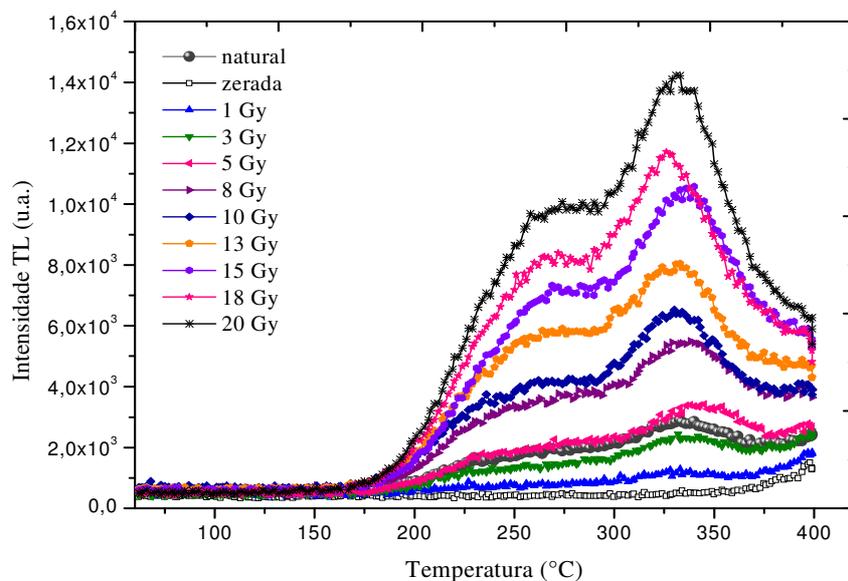


Figura 33: Curvas de emissão TL em função da dose da amostra cerâmica de Igarassu.

As curvas de calibração foram construídas a partir das leituras TL das áreas entre 200 e 375 °C das curvas de emissão TL. A escolha do início da área em 200 °C teve por finalidade fornecer uma margem de segurança para as medidas TL, uma vez que podem ocorrer pequenos deslocamentos dos picos TL associados ao posicionamento das amostras na bandeja da leitora TL. A curva de calibração é mostrada na Figura 34. Esta foi construída subtraindo das leituras TL o valor médio de três leituras TL da amostra com dose natural apagada (zerada). O ajuste dos pontos foi realizado através de função linear.

Interpolando o valor referente à média das leituras TL da amostra com dose natural na curva de calibração construída a partir da área entre 200 e 375 °C foi determinada uma dose acumulada de $5,0 \pm 0,6$ Gy. O desvio padrão de 0,6 Gy foi obtido interpolando o valor do desvio padrão da média das leituras TL natural simulada nas curvas de calibração, como pode ser observado nas linhas pontilhadas nas curvas mostradas na Figura 34.

Observa-se, comparando o valor obtido com o da dose natural simulada em laboratório com 5 Gy, a exatidão da metodologia empregada e que o procedimento de determinação da dose acumulada utilizado neste estudo de datação é adequado.

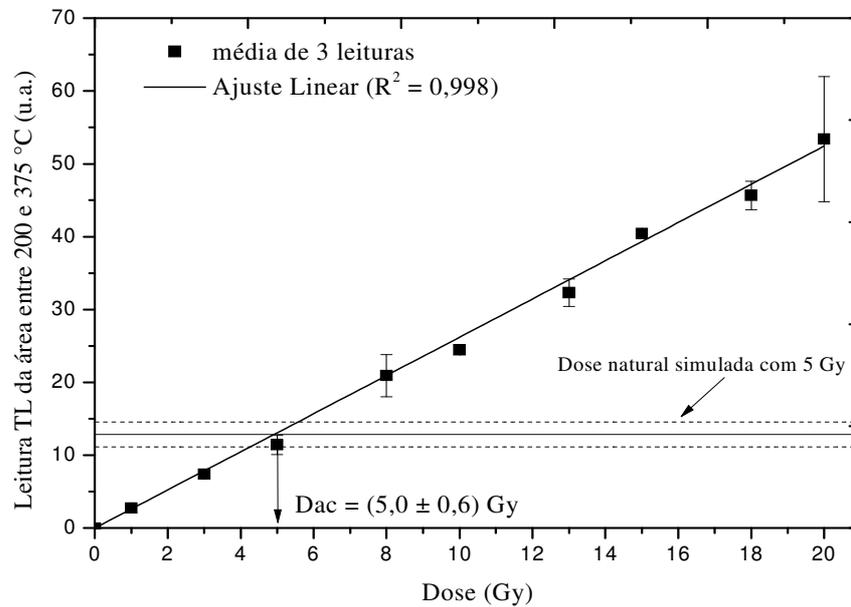


Figura 34: Curva de calibração obtida através do método de doses regenerativas para a amostra cerâmica de Igarassu (PE) com dose natural simulada em laboratório de 5Gy.

4.4. Datação por Termoluminescência

4.4.1. Teste do patamar

A Figura 35 apresenta as curvas de intensidade TL natural das amostras cerâmicas do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI). Estas curvas foram obtidas com uma taxa de aquecimento de 4°C/s na faixa de temperatura entre 60 e 400°C .

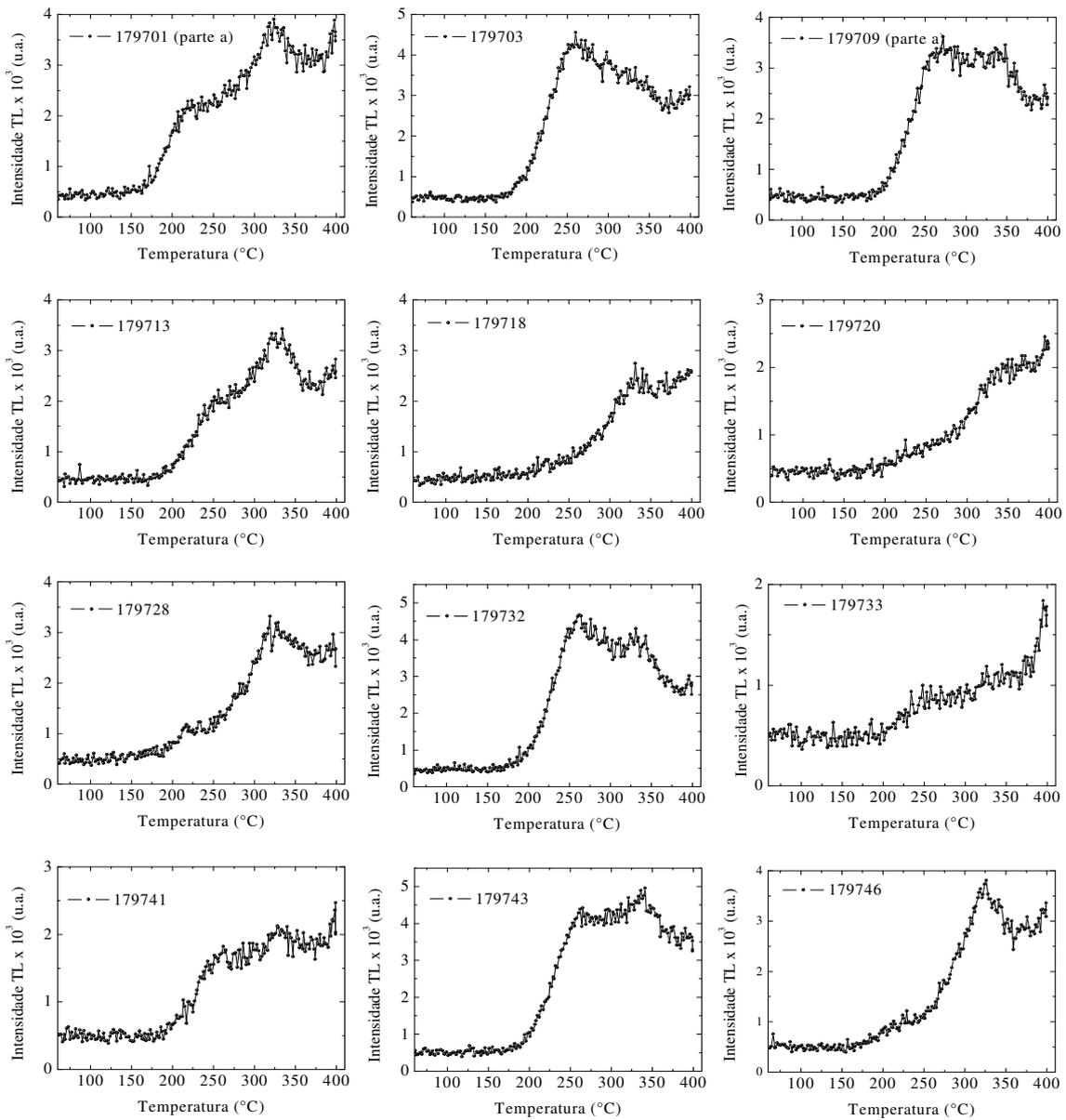


Figura 35: Curvas de intensidade TL natural das amostras cerâmicas do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI) selecionadas para datação.

Como todas as amostras apresentaram sinal TL natural na região de interesse para datação (acima de 200 °C), o que possibilitou que as mesmas pudessem ser utilizadas neste estudo de datação, foi necessário identificar a região estável das curvas de emissão TL de cada amostra através do teste do patamar.

Para tanto, uma porção de cada amostra com dose natural e uma porção da amostra com dose natural mais dose adicional de 5 Gy, foram utilizadas, como apresenta a Figura 36. As curvas patamar foram obtidas através da razão entre estas curvas. A Figura 37 mostra a curva patamar obtida para a amostra 179732. As curvas patamar das demais amostras cerâmicas encontram-se no Apêndice A.

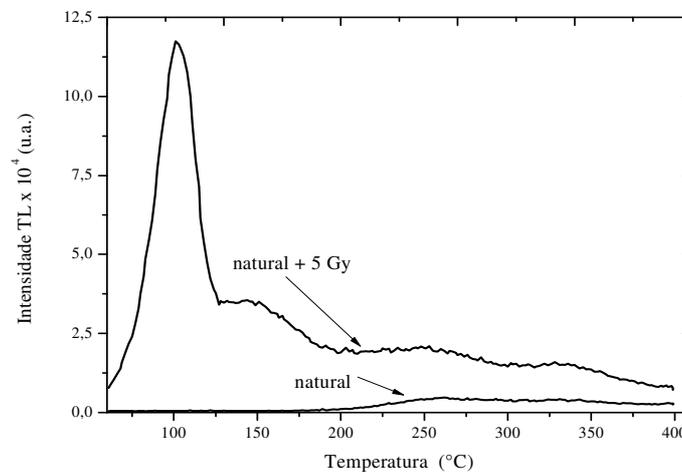


Figura 36: Curvas de emissão TL natural e TL natural mais dose adicional de 5 Gy para a amostra cerâmica 179732 .

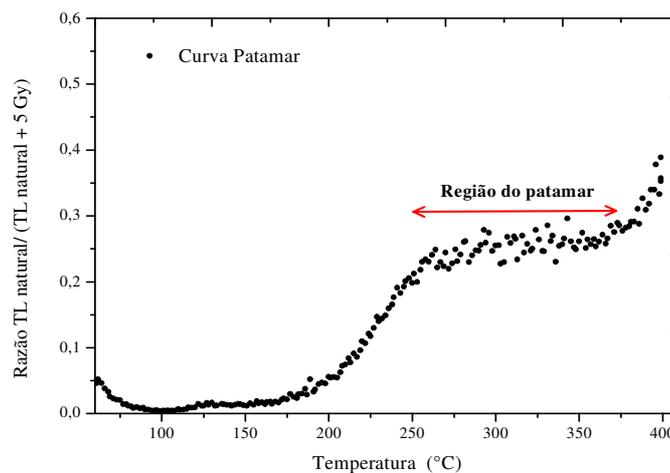


Figura 37: Curva Patamar obtida através das curvas de emissão TL das amostras natural e natural mais dose adicional de 5 Gy para a amostra cerâmica 179732 .

Os resultados dos testes do patamar são apresentados na Tabela 14. Observa-se que as regiões estáveis de interesse para a datação destas amostras localizam-se entre as temperaturas de 225 e 375 °C, tendo sido, portanto, estas áreas utilizadas para a realização das medidas TL neste estudo de datação.

Tabela 14: Regiões estáveis da curva de emissão TL obtidas através do Teste do patamar.

Área	Amostra	Região estável da curva de emissão TL (°C)
B1	179701 (parte a)	250 a 350
	179703	250 a 375
D1	179709 (parte a)	250 a 375
	179713	250 a 350
	179718	250 a 300
	179720	250 a 350
	179728	250 a 325
	179732	250 a 375
	179733	225 a 350
	179741	250 a 350
	179743	250 a 375
	179746	225 a 300

4.4.2. Teste do pré-aquecimento

Após o teste do patamar, foi realizado o teste do pré-aquecimento para verificar a partir de qual temperatura se elimina a influência os picos TL instáveis das curvas de emissão TL que são formados após as irradiações laboratoriais.

Como as curvas de emissão TL das amostras apresentam regiões estáveis em faixas muito próximas, localizadas acima de 200 °C, o estudo da temperatura de pré-aquecimento foi realizado apenas com a amostra 179701. Para tanto, uma porção da amostra com dose natural apagada foi irradiada com uma dose de 3 Gy e submetida a diferentes temperaturas de aquecimento, durante 20 minutos, visando simular a curva de emissão TL natural.

A Figura 38 mostra o resultado deste estudo. Observa-se através das curvas de emissão TL que o pré-aquecimento na temperatura de 150 °C foi o que mais aproximou o formato da curva de emissão TL com dose laboratorial com o da curva de emissão TL natural, tendo sido, portanto, este pré-aquecimento em 150°C por 20 minutos utilizado neste estudo de datação.

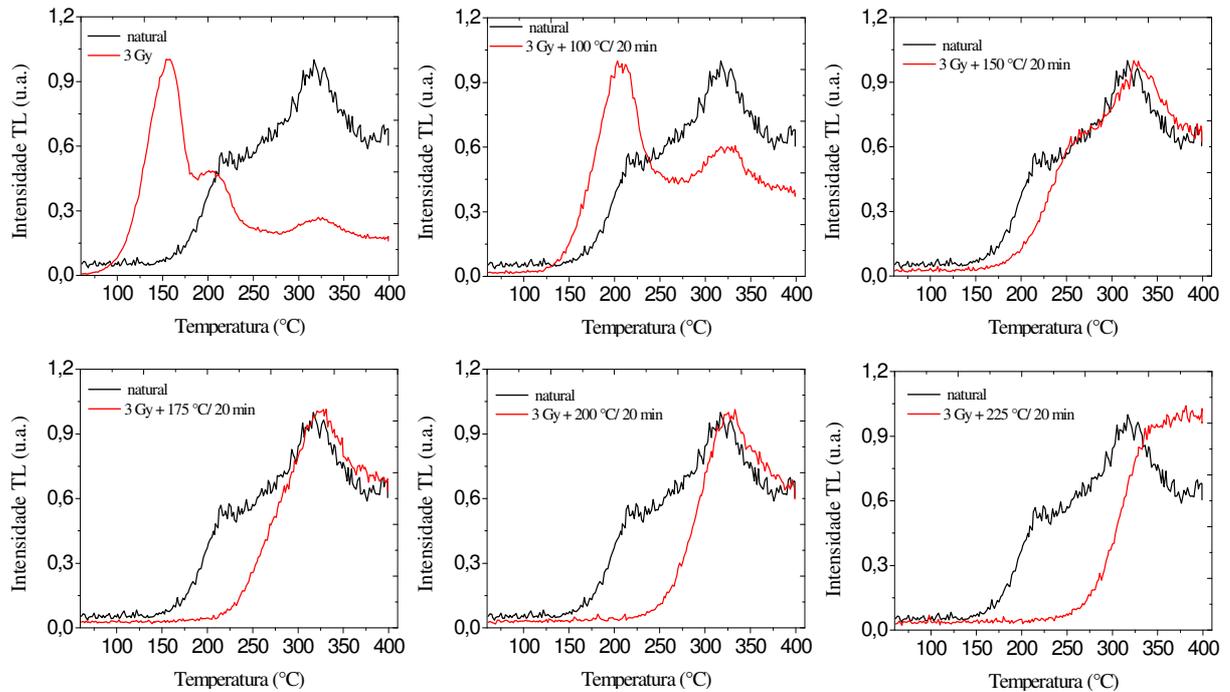
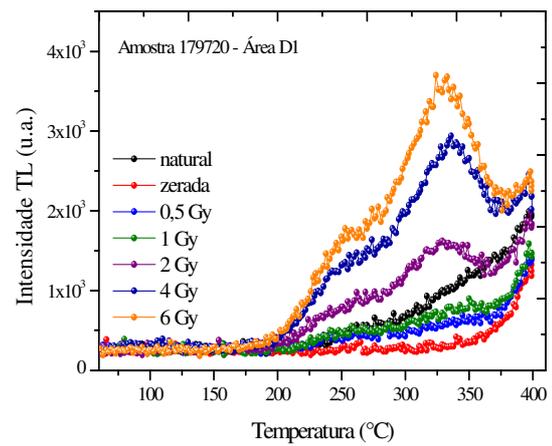
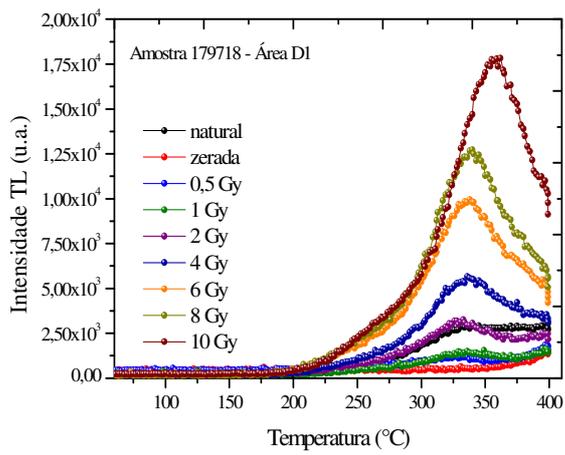
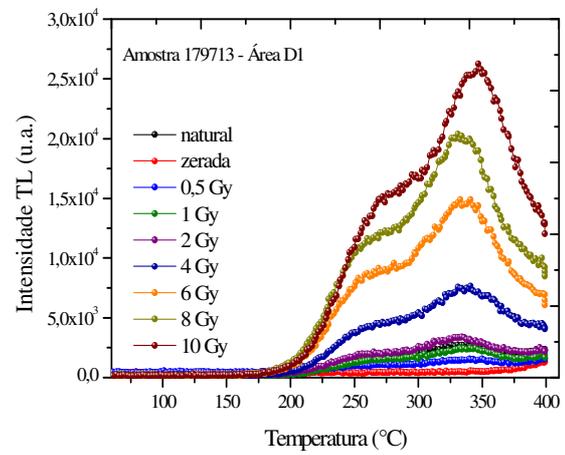
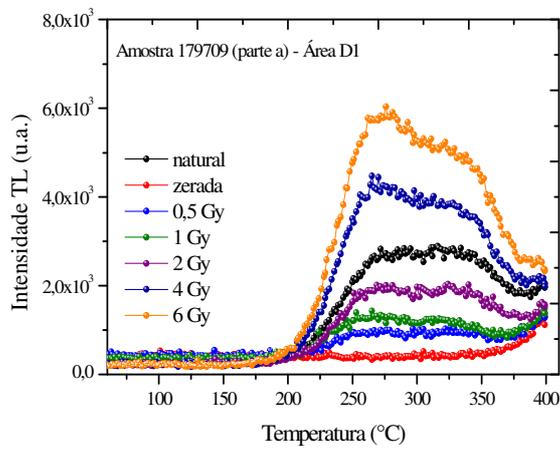
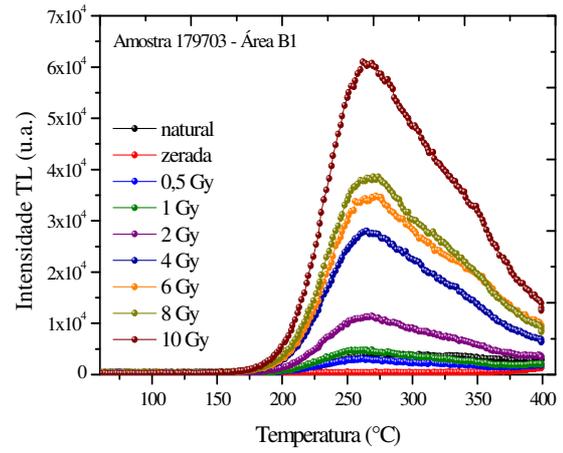
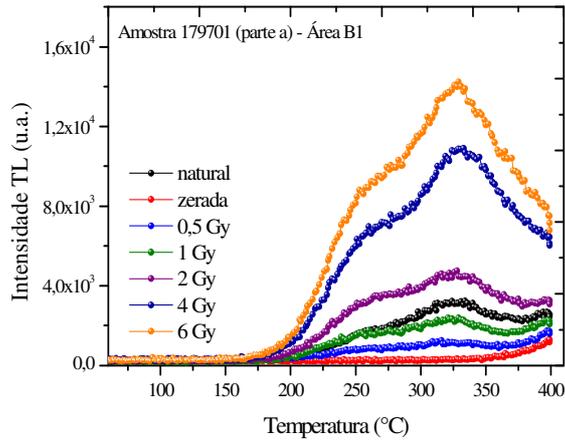


Figura 38: Apresentação gráfica do estudo da temperatura de pré-aquecimento realizado na amostra 179701. Os valores das intensidades TL foram normalizados.

4.4.3. Determinação da Dose Acumulada

Após a identificação das regiões estáveis das curvas de emissão TL das amostras e da temperatura de pré-aquecimento que elimina os picos TL instáveis destas curvas, foi aplicada a metodologia descrita no Item 3.4.1.1 para a determinação da dose acumulada. As curvas de emissão TL em função da dose para cada amostra cerâmica são mostradas na Figura 39.

Observa-se que as curvas de emissão TL apresentam picos TL sobrepostos nas regiões do patamar. Contudo, é possível identificar picos TL próximos as temperaturas de 250, 275, 325°C e 340 °C. Na Tabela 15 são sumarizados os picos TL observados nas curvas de emissão TL de cada amostra cerâmica.



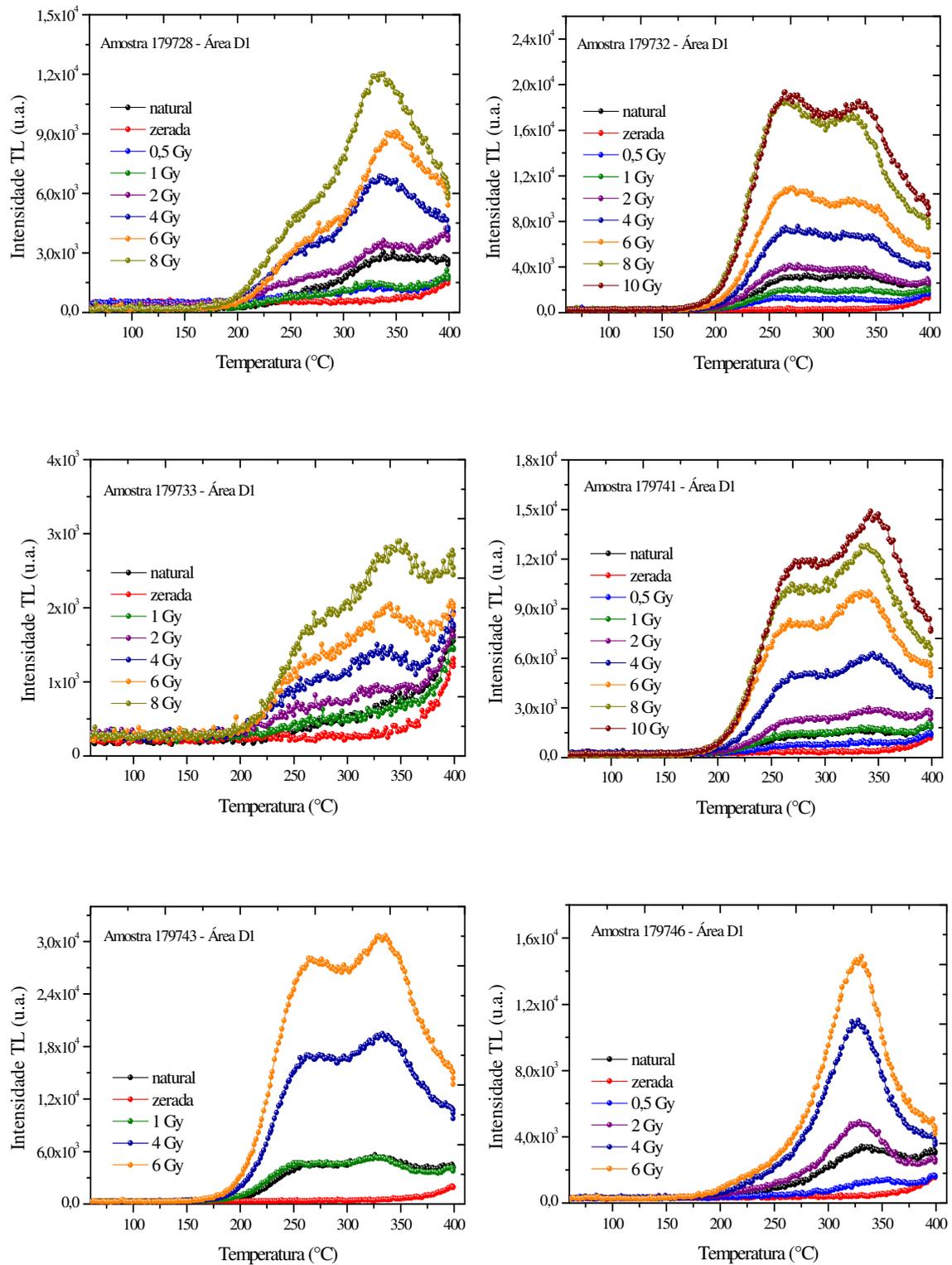


Figura 39: Curvas de emissão TL em função da dose das amostras cerâmicas do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI).

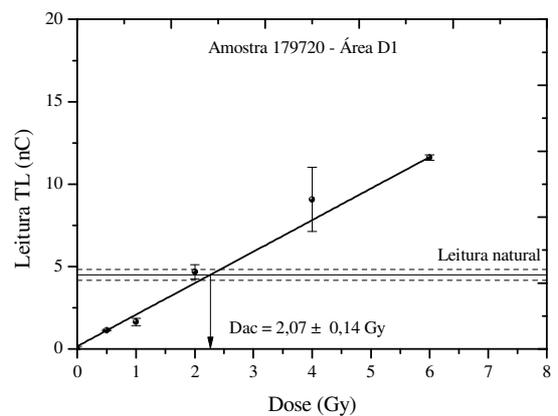
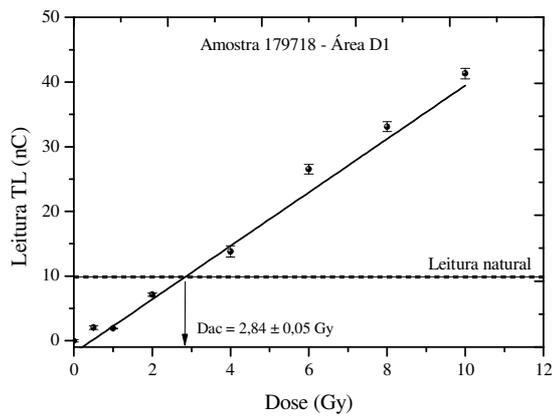
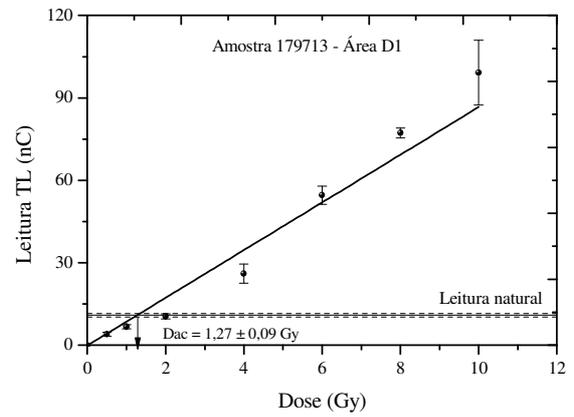
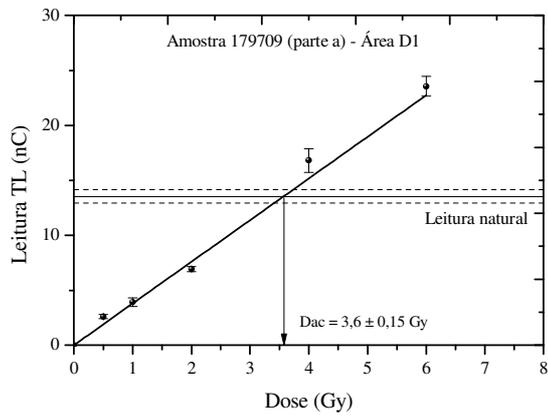
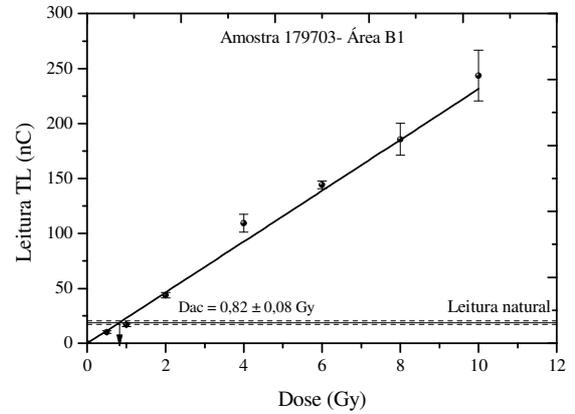
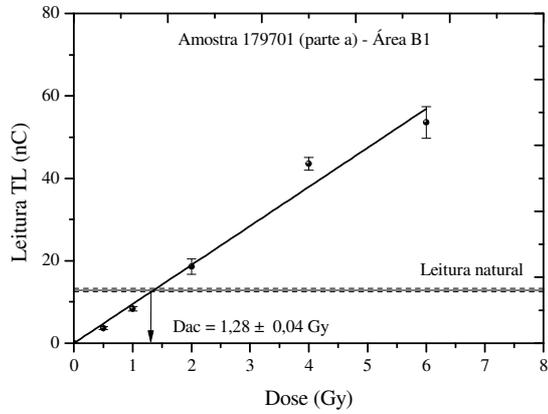
Tabela 15: Temperaturas em que foram observados picos TL nas curvas de emissão TL das amostras cerâmicas do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI).

Área	Amostra	Picos TL observados			
		250 °C	275 °C	325 °C	340 °C
B1	179701 (parte a)	x		x	
	179703		x		
D1	179709 (parte a)		x	x	
	179713	x	x		
	179718				x
	179720	x		x	
	179728	x		x	
	179732	x		x	
	179733	x		x	
	179741	x		x	
	179743	x		x	
	179746			x	

A partir destas curva de emissão TL foram construídas as curvas de calibração segundo o método de doses regenerativas. Para tanto, foram utilizadas as medidas das leituras TL referentes a área entre 200 e 375 °C das curvas de emissão TL, que engloba as regiões patamar das amostras. Os valores destas leituras são mostrados no Apêndice B.

As curvas de calibração das amostras são mostradas na Figura 40. Com exceção da curva de calibração da amostra 179728, estas foram construídas a partir dos valores médios de três leituras TL e subtraindo destes o valor médio de três leituras TL da amostra zerada (através de tratamento térmico em 400 °C/ 1h). Os ajustes dos pontos das curvas de calibração foram obtidos através de uma função linear.

A Tabela 16 apresenta as equações lineares obtidas para cada curva de calibração. Após o ajuste linear dos pontos, o valor médio das leituras TL natural das amostras foi interpolado na curva de calibração para a determinação da dose acumulada. O desvio padrão da dose acumulada foi obtido interpolando o desvio padrão das leituras TL natural na curva de calibração (linhas pontilhadas nas curvas mostradas na Figura 40).



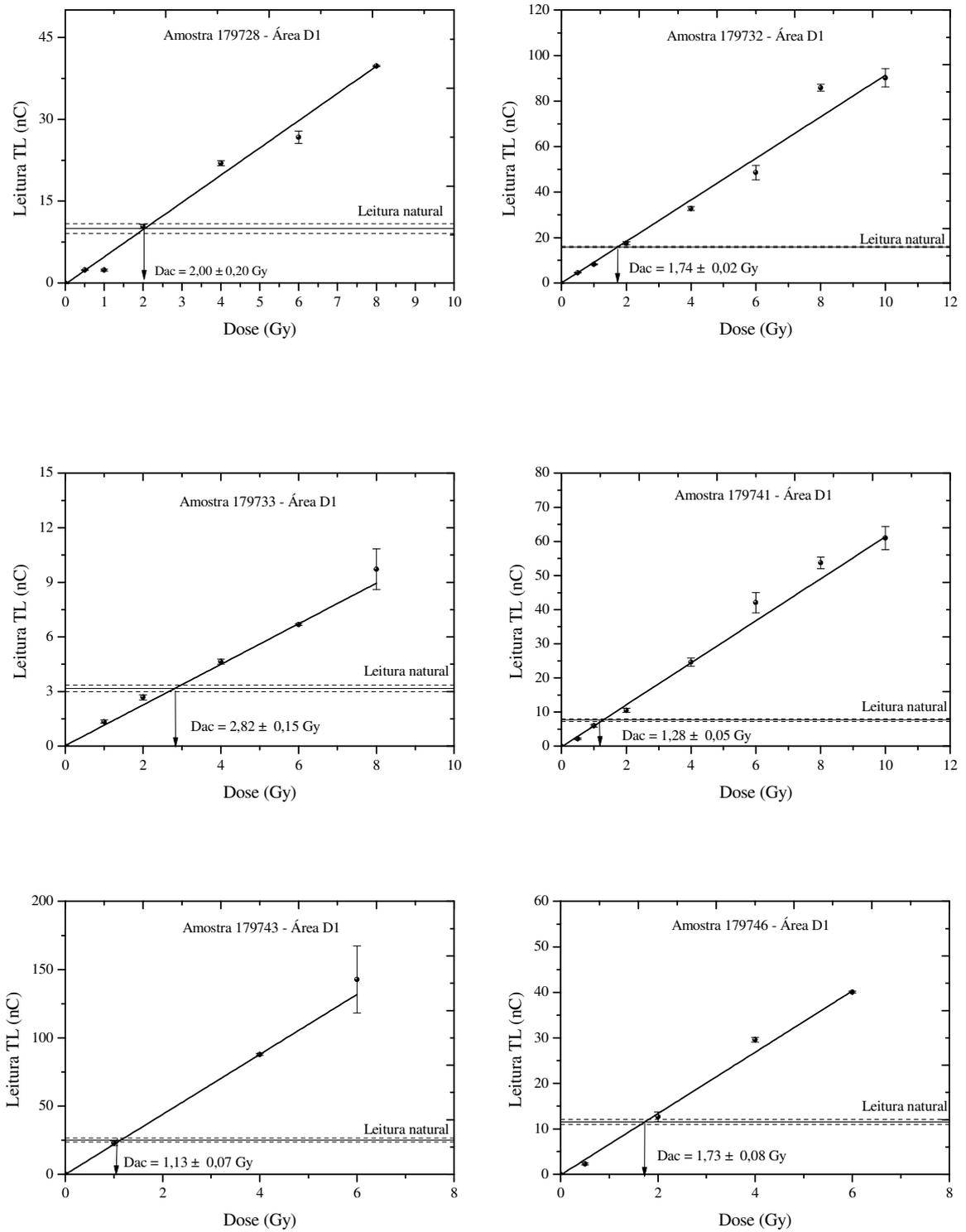


Figura 40: Curvas de calibração obtidas através do método de doses regenerativas e das áreas entre 200 e 375 °C das curvas de emissão TL das amostras cerâmicas do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI).

Tabela 16: Equações lineares das curvas de calibração das amostras cerâmicas do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI).

Área	Amostra	Ajuste Linear ($y = a + b.x$)		
		R ²	b	a
B1	179701 (parte a)	0,976	9,48	- 0,0093
	179703	0,990	23,15	- 0,0319
D1	179709 (parte a)	0,986	3,79	0,0002
	179713	0,960	8,68	- 0,0956
	179718	0,945	4,14	- 1,8831
	179720	0,997	1,91	0,1760
	179728	0,997	4,98	- 0,1770
	179732	0,985	9,14	- 0,0030
	179733	0,998	1,11	0,0393
	179741	0,984	6,16	- 0,2228
	179743	0,999	21,96	0,0085
	179746	0,998	6,74	- 0,1180

Na Tabela 17 são mostrados os valores das doses acumuladas encontrados. Observa-se que o menor valor de dose acumulada, de $0,82 \pm 0,08$ Gy, foi obtido para a amostra 179703, enquanto que o maior valor de dose acumulada, de $3,60 \pm 0,15$ Gy, foi obtido para a amostra 179709.

Tabela 17: Valores das Doses Acumuladas determinados para as amostras cerâmicas do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI).

Área	Cerâmica	Dose Acumulada (Gy)
B1	179701 (parte a)	$1,28 \pm 0,04$
	179703	$0,82 \pm 0,08$
D1	179709 (parte a)	$3,60 \pm 0,15$
	179713	$1,27 \pm 0,09$
	179718	$2,84 \pm 0,05$
	179720	$2,27 \pm 0,20$
	179728	$2,00 \pm 0,20$
	179732	$1,74 \pm 0,02$
	179733	$2,82 \pm 0,15$
	179741	$1,28 \pm 0,05$
	179743	$1,13 \pm 0,07$
	179746	$1,73 \pm 0,08$

4.4.4. Determinação da Taxa de Dose Anual

4.4.4.1. Determinação da taxa de dose da radiação externa

Na Tabela 18 são apresentadas as concentrações de U-238, Th-232 e K-40 das amostras de sedimento obtidas através da análise por espectrometria gama. Os valores das áreas dos fotopicos utilizados na determinação das concentrações destes radionuclídeos, para cada amostra de sedimento, são mostrados no Apêndice C. Observa-se que as concentrações médias de U-238, Th-232 e K-40 foram, respectivamente, 0,9 ppm, 5,9 ppm e 0,4 % para a Área B1 e 1,2 ppm, 5,5 ppm e 0,6 % para a Área D1.

Tabela 18: Concentrações de U-238, Th-232 e K-40 determinadas por espectrometria gama e taxas de dose de radiação externa, desconsiderando a contribuição do Rn-222 e Rn-220, para as Áreas B1 e D1 do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI).

Área	Sedimento	Tempo de medida (dias)	U-238 (ppm)	Th-232 (ppm)	K-40 (%)	Radiação Cósmica (D _C)	Dose Externa (D _γ + D _C)	Média	Sd	C.V (%)
						mGy/ano				
B1	179704	5,0	0,992	6,236	0,362	0,25	0,447	0,449	0,002	0,5
	179705	4,0	0,804	5,680	0,435		0,450			
D1	179714	2,5	1,293	5,242	0,528	0,25	0,462	0,477	0,034	7,0
	179719	5,5	1,259	5,796	0,434		0,453			
	179729	5,0	1,203	5,415	0,773		0,515			

A partir destas concentrações foram estimadas as taxas de dose devido à radiação externa nas Áreas B1 e D1. Parar tanto, foram consideradas as contribuições da radiação gama (D_γ) e da radiação cósmica (D_C). Como as amostras foram coletadas até uma profundidade de 30 cm, foram considerados para esta estimativa os valores tabelados que desconsideram as contribuições do Rn-222 e Rn-220, conforme a Equação 10 descrita no Item 3.4.2.1. Em seguida, os valores estimados para a contribuição da radiação gama (D_γ) foram somados ao valor de 0,25 mGy/ano, correspondente a radiação cósmica (D_C) tida como padrão para amostras coletadas no Brasil (SALLUN et. al., 2007).

Observa-se na Tabela 18 que para a Área B1 foi estimada uma taxa de radiação externa de $0,449 \pm 0,002$ mGy/ano, enquanto que para a Área D1 esta taxa foi estimada em $0,477 \pm 0,034$ mGy/ano, valores estes estatisticamente iguais. Os valores 0,002 e 0,034 são os desvios padrão.

Também foram calculados os coeficientes de variação (CV). Os coeficientes de variação para as taxas de dose externa das Áreas B1 e D1 foram, respectivamente, 0,5 e 7,0 %. Estes CV foram obtidos através da Equação (14).

$$CV (\%) = \frac{\text{desvio padrão } (Sd)}{\text{média } (\bar{X})} \times 100 \quad (14)$$

4.4.4.2. Determinação da taxa de dose da radiação interna

Na Tabela 19 são apresentadas as concentrações de U-238, Th-232 e K-40 de oito amostras cerâmicas obtidas através da análise por ativação neutrônica. As amostras restantes, a saber: 179701, 179733, 179743 e 179746, não puderam ser medidas.

Observa-se que as concentrações de U-238, Th-232 e K-40 da cerâmica 179703, coletada na Área B1, são diferentes das cerâmicas coletadas na Área D1. Por exemplo, enquanto que para as amostras cerâmicas coletadas na Área D1 a concentração média de U-238 é de 4,2 ppm, na amostra 179703, da Área B1, esta concentração é desprezível e não pode ser identificada. Além disso, a cerâmica 179703 também apresenta concentrações de Th-232 e K-40 inferiores às concentrações encontradas nas cerâmicas coletadas na Área D1. No caso do Th-232, a amostra 179703 apresenta uma concentração de 10,80 ppm que é cerca de 2,5 vezes menor do que a concentração média de 25,7 ppm de Th-232 encontrada nas amostras cerâmicas da Área D1. A concentração de 1,7 % de K-40 também é menor do que a concentração média de K-40 encontrada nas amostras da Área D1 que é de 2,4 %. Diferentemente das amostras cerâmicas coletadas na Área D1, não foi identificado Th-232 na amostra 179720. Estes resultados sugerem que argilas de diferentes procedências foram utilizadas para a confecção destas cerâmicas.

A partir destas concentrações, por meio da análise por ativação neutrônica, foram estimadas as taxas de dose devido à radiação interna nas Áreas B1 e D1. Para tanto, foi utilizada a contribuição da radiação beta (D_{β}) que considera o Rn-222 e Rn-220, associada a um fator de atenuação K_{β} de 0,9 (MEJDAHL, 1979). A conversão das concentrações em taxa de dose foi obtida aplicando-se a Equação 11, descrita no Item 3.4.2.2. Observa-se na Tabela 19 que para a Área B1 foi obtida uma taxa de dose interna de $1,31 \pm 0,13$ mGy/ano, enquanto que para a Área D1 a taxa de dose interna variou de $1,89 \pm 0,19$ a $3,09 \pm 0,13$ mGy/ano. Os desvios padrão foram calculados a partir dos coeficientes de variação fornecidos.

Tabela 19: Concentrações de U-238, Th-232 e K-40 determinadas por análise de ativação neutrônica e taxas de dose de radiação interna, considerando a contribuição do Rn-222 e Rn-220, para as Áreas B1 e D1 do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI).

Área	Cerâmica	U-238 (ppm)	Th-232 (ppm)	K-40 (%)	K_{β}	Dose Interna (mGy/ano)	Sd (mGy/ano)	CV (%)
B1	179703	n.d.	10,80	1,70	0,9	1,31	0,13	10
D1	179709 (parte a)	4,10	27,80	2,80	0,9	2,93	0,29	10
	179713	3,60	20,00	2,50		2,49	0,25	10
	179718	2,50	17,50	1,90		1,92	0,19	10
	179720	5,20	n.d	2,00		1,89	0,19	10
	179728	4,60	26,50	2,40		2,71	0,27	10
	179732	3,70	32,70	2,60		2,87	0,29	10
	179741	6,00	29,50	2,60		3,09	0,13	10

n.d. = não identificado.

4.4.4.3. Estimativa da taxa de dose anual

A Tabela 20 apresenta os valores de taxa de dose anual estimados para oito amostras cerâmicas do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI). Os valores das taxas de dose anual foram obtidos somando-se o valor da dose interna com o valor da dose externa de cada amostra. Para a Área B1 foi estimada uma taxa de dose anual de $1,76 \pm 0,13$ mGy/ano. Para as amostras cerâmicas coletadas na Área D1 os valor de taxa de dose anual estimados variaram de $2,37 \pm 0,20$ a $3,57 \pm 0,32$ mGy/ano Observa-se que a taxa de dose anual para a Área D1 é maior que para a Área B1. Os desvios padrão total, 0,13, 0,20 e 0,32, foram determinados através da equação de propagação de erros mostrada na Equação 15.

$$Sd_{total} (mGy/ano) = \sqrt{Sd_{D_E}^2 + Sd_{D_I}^2} \quad (15)$$

Onde, Sd_{D_E} é o desvio padrão da taxa de dose devido à radiação externa, estimada através da análise por espectrometria gama, e Sd_{D_I} o desvio padrão da taxa de dose devido à radiação interna, estimada através da análise por ativação neutrônica.

Tabela 20: Taxas de dose anual para as amostras cerâmicas do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI).

Área	Cerâmica	Dose Interna	Dose Externa	Taxa de Dose Anual	Sd total	CV
		mGy/ano				
B1	179703	1,31 ± 0,13	0,45 ± 0,00	1,76	0,13	7,5
D1	179709 (parte a)	2,93 ± 0,29	0,48 ± 0,03	3,41	0,30	8,8
	179713	2,49 ± 0,25	0,48 ± 0,03	2,97	0,26	8,7
	179718	1,92 ± 0,19	0,48 ± 0,03	2,40	0,20	8,5
	179720	1,89 ± 0,19	0,48 ± 0,03	2,37	0,20	8,5
	179728	2,71 ± 0,27	0,48 ± 0,03	3,19	0,28	8,8
	179732	2,87 ± 0,29	0,48 ± 0,03	3,35	0,30	8,8
	179741	3,09 ± 0,31	0,48 ± 0,03	3,57	0,32	8,9

4.4.5. Determinação das idades

Os resultados das datações das amostras cerâmicas do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI) são apresentados na Tabela 21. As idades foram obtidas dividindo-se o valor da dose acumulada de cada amostra pela sua respectiva taxa de dose anual, conforme descrito no Item 3.4.3.

Tabela 21: Resultado das datações por termoluminescência das amostras cerâmicas do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI).

Área	Cerâmica	Técnica de acabamento utilizada pelo ceramista	Profundidade em que foi coletada (cm)	Idade (anos AP)	Sd (anos AP)	CV (%)
B1	179701 (parte a)	corrugado	5	-	-	-
	179703	alisado	11	466	57	12
D1	179709 (parte a)	alisado	0	1056	103	10
	179713	corrugado	0-2	428	48	11
	179718	corrugado	0-2	1183	101	9
	179720	alisado	2-5	958	117	12
	179728	alisado	3-5	627	83	13
	179732	alisado	10-15	519	47	9
	179733	corrugado	15-20	1175	116	10
	179741	alisado	15-20	359	35	10
	179743	alisado	20	317	34	11
	179746	alisado	25-30	730	70	10

Como a análise por ativação neutrônica da amostra 179701 (parte a) não pôde ser realizada, não foi possível estimar a taxa de dose anual desta amostra e, conseqüentemente, a sua idade. Desta forma, para as amostras coletadas na Área B1, apenas a amostra 179703 foi datada, obtendo-se o valor de 466 ± 57 anos AP.

As cerâmicas coletadas na Área D1 apresentaram idades entre 317 ± 34 a 1183 ± 101 anos AP. Vale ressaltar, que para as peças cerâmicas 179733, 179743 e 179746 não se dispunha dos resultados das análises por ativação neutrônica, de modo que não foi possível obter os valores de taxa de dose anual destas amostras. Entretanto, fazendo-se o estudo da geometria dos contornos das peças e do tipo de acabamento, foi possível verificar que estas peças têm contornos que se encaixam com outros fragmentos cerâmicos analisados por ativação neutrônica, sugerindo que podem ser da mesma peça. A Figura 41 mostra os fragmentos cerâmicos que apresentaram encaixe de contorno.

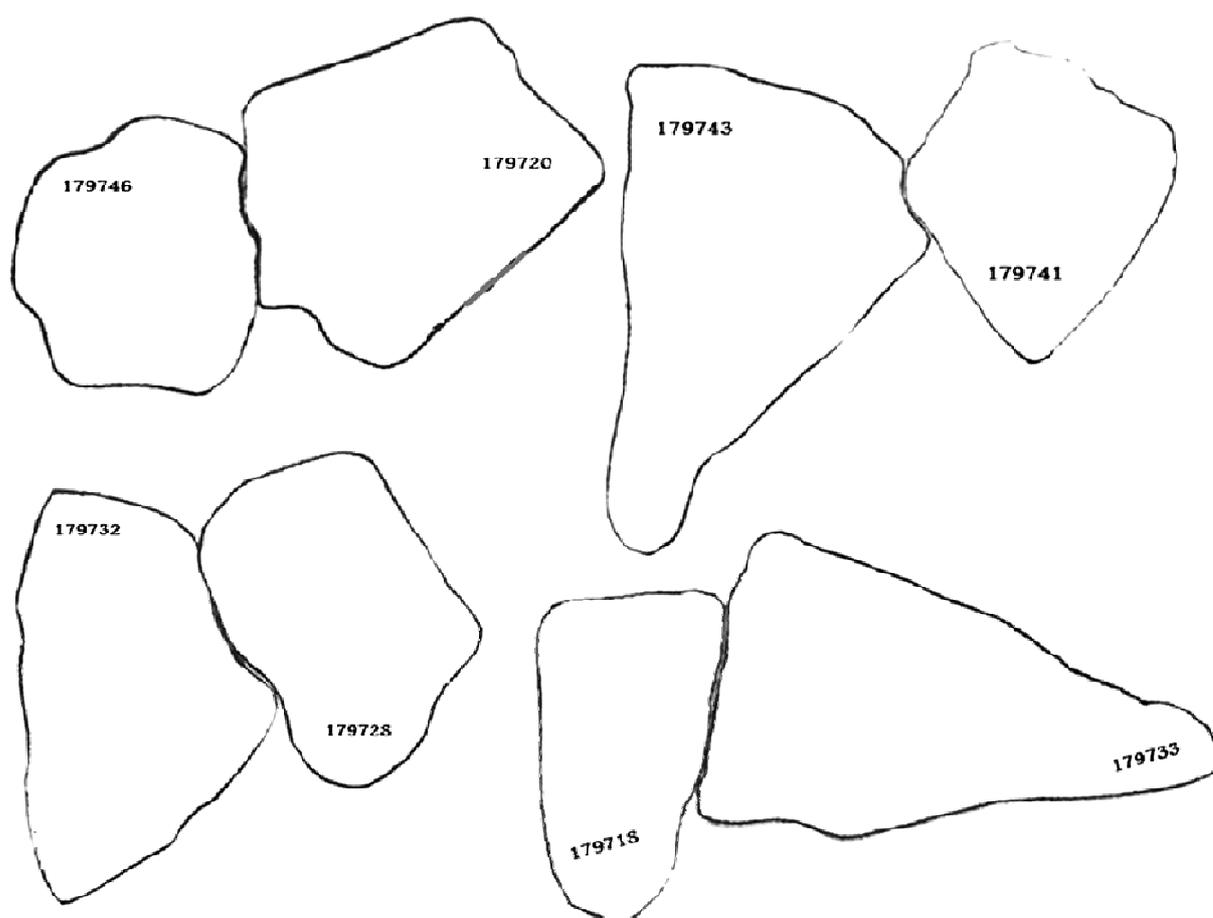


Figura 41: Contorno dos fragmentos cerâmicos, em tamanho ilustrativo, coletados na Área D1 do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI), que apresentaram perfeito encaixe de contorno.

Portanto, foi possível estimar indiretamente as idades destas amostras utilizando os valores da taxa de dose anual das amostras com as quais se encaixaram. As datações destas amostras são mostradas na Tabela 21 (valores em *itálico*). Observa-se que as idades encontradas coincidem com as idades das amostras com as quais se encaixaram.

A Tabela 22 mostra os dados dos fragmentos de cerâmica agrupados conforme o encaixe de seus contornos, com a indicação de formação de peças, sugerindo a existência de 6 peças cerâmicas de três períodos distintos na Área D1. Os fragmentos cerâmicos da Área B1 provavelmente são de peças diferentes. Além disso, observa-se que fragmentos de cerâmica com acabamento alisado e corrugado foram encontrados para o mesmo período de datação, indicando que ambas as técnicas coexistiam. A coexistência das técnicas alisada e corrugada também foi observada em outros sítios arqueológicos da América do Sul (WILLEY, 1986).

Tabela 22: Peças cerâmicas sugeridas para o Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI).

Área	Peça	Cerâmica	Técnica de acabamento utilizada pelo ceramista	Profundidade em que foi coletada (cm)	Idade \pm Sd (anos AP)	Idade média \pm Sd (anos AP)
B1	1	179701 (parte a)	corrugado	5	-	-
	2	179703	alisado	11	466 \pm 57	-
D1	1	179718 179733	corrugado	0-2 15-20	1183 \pm 101 1175 \pm 116	1179 \pm 154
	2	179709	alisado	0	1056 \pm 103	-
	3	179720 179746	alisado	2-5 25-30	958 \pm 117 730 \pm 70	844 \pm 136
	4	179728 179732	alisado	3-5 10-15	627 \pm 83 519 \pm 47	573 \pm 95
	5	179713	corrugado	15-20	428 \pm 48	-
	6	179741 179743	alisado	15-20 20	359 \pm 35 317 \pm 34	338 \pm 49

A análise dos resultados da ativação neutrônica, apresentados na Tabela 23, mostra que as concentrações dos radionuclídeos naturais e dos elementos traços como, Cr e Rb são diferentes entre os fragmentos cerâmicos 179718 e 179709 apesar destes apresentarem idades similares. Observa-se também que o fragmento 179703, coletado na Área B1, apresenta concentrações de U, Th, K, Cr, Co, Rb e Fe diferentes das apresentadas pelos fragmentos coletados na Área D1. Desta forma, reforça-se a hipótese de que as argilas utilizadas na manufatura destas cerâmicas sejam de diferentes procedências.

Tabela 23: Concentrações de U, Th, K, Cr, Co, Rb e Fe determinadas através da análise por ativação neutrônica das amostras cerâmicas do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI).

Área	Cerâmica	U (ppm)	Th (ppm)	K (%)	Cr (ppm)	Co (ppm)	Rb (ppm)	Fe (%)
B1	179703	n.d.	10,80	1,70	46,6	7,5	n.d.	3,2
	179709 (parte a)	4,1	27,8	2,8	141,2	16,5	183,3	5,4
D1	179713	3,6	20,0	2,5	113,8	11,5	91,5	4,7
	179718	2,5	17,5	1,9	102,2	15,8	n.d.	4,5
	179720	5,2	n.d.	2,0	137,7	12,5	166,7	4,2
	179728	4,6	26,5	2,4	152,4	11,8	164,1	5,3
	179732	3,7	32,7	2,6	165,5	28,5	200,9	7
	179741	6,0	29,5	2,6	156,4	21,3	152,2	6,2

n.d. = não determinado.

Comparando os resultados da Tabela 23 com os percentuais óxidos obtidos através da espectroscopia por FRX nas amostras 179703 e 179728, mostrados na Tabela 12, percebe-se que os percentuais óxidos de potássio (K_2O), cromo (Cr_2O_3), rubídio (Rb_2O_3) e ferro (Fe_2O_3) do fragmento cerâmico 179728 também são superiores aos do fragmento cerâmico 179703. Além disso, o fragmento cerâmico 179703, coletado na Área B1, foi o único a apresentar a fase cristalina do feldspato microclínio nos difratogramas de DRX. Portanto, a partir destas comparações, reforça-se a hipótese de que diferentes depósitos de argila foram utilizados na manufatura das peças cerâmicas encontradas no Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI).

Na Figura 42 são apresentadas as idades dos fragmentos cerâmicos analisados *versus* a profundidade em que foram coletados. Observa-se que fragmentos cerâmicos coletados em profundidades apresentaram idades inferiores aos coletados em níveis superficiais. Contudo, como a profundidade de coleta destas cerâmicas não foi realizada em camadas estratigráficas profundas, é possível que nas áreas onde foram realizadas as coletas dos fragmentos cerâmicos o solo tenha sido revolvido, o que justificaria este comportamento.

Reforçando esta hipótese, fragmentos considerados da mesma peça cerâmica, como os das amostras 179720 e 179746, foram coletados em diferentes profundidades, sugerindo que o solo tenha sido revolvido. Esta perturbação no solo pode ter sido consequência da passagem de grupos ceramistas pelo local, ou, devido a fatores ambientais, como por exemplo, o crescimento de raízes e a movimentação de animais (BICHO, 2006).

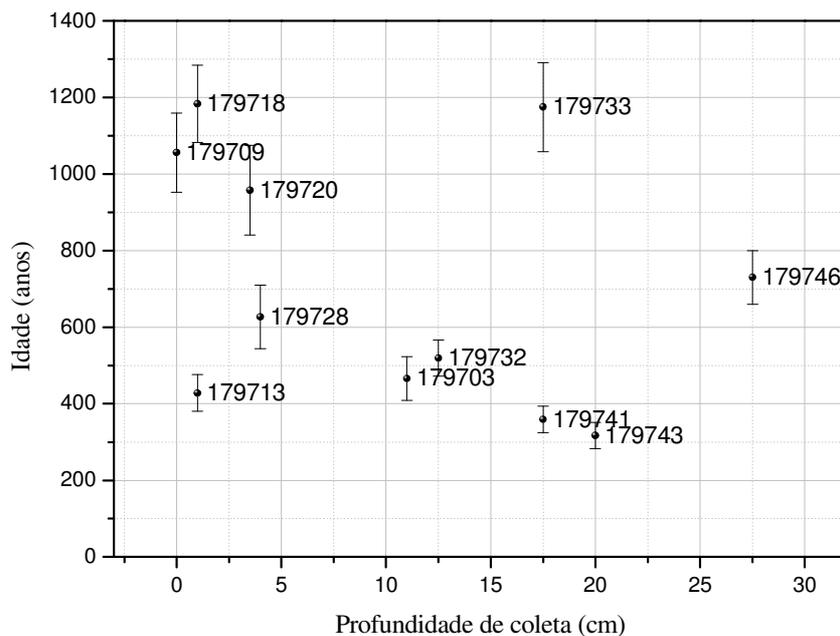


Figura 42: Idade *versus* profundidade de coleta das amostras cerâmicas analisadas do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI).

Os resultados mostram ocupações em três períodos distintos, situados entre 300 e 500, 600 e 900, e 1000 e 1300 anos AP, sugerindo a passagem de três grupos ceramistas pela região em épocas distintas, o que reforça a hipótese dos arqueólogos de que o local onde encontra-se o Sítio Aldeia do Carlos era utilizado como corredor de passagem (GUIDON, N.; ARNAUD, B., 1991; GUIDON, 2007).

Comparando-se as idades obtidas neste estudo de datação com as idades estimadas para outras cerâmicas com as mesmas características de manufatura das do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI), percebe-se que as idades encontradas estão dentro das perspectivas de ocupação da área do Parque, como mostra a Figura 43. Para uma melhor visualização dos dados, as duas idades obtidas para cada amostra cerâmica foram colocadas lado a lado no gráfico apresentado na Figura 43. As datações dos sítios do PNSC apresentadas na Figura 43 foram realizadas por meio do método do C-14 a partir de vestígios orgânicos, como carvão e pele, que estavam associados às amostras cerâmicas. As idades variam de 230 anos AP, no Sítio Toca da Baixa dos Caboclos, a 4400 anos AP, no Sítio do Morcego (ARNAUD et al., 1984; GUIDON et al., 1998). Portanto, os resultados das datações das cerâmicas do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI) corroboram com as hipóteses sugeridas pelos arqueólogos a respeito da dinâmica de ocupação da área por populações ceramistas (OLIVEIRA, 2001; 2002).

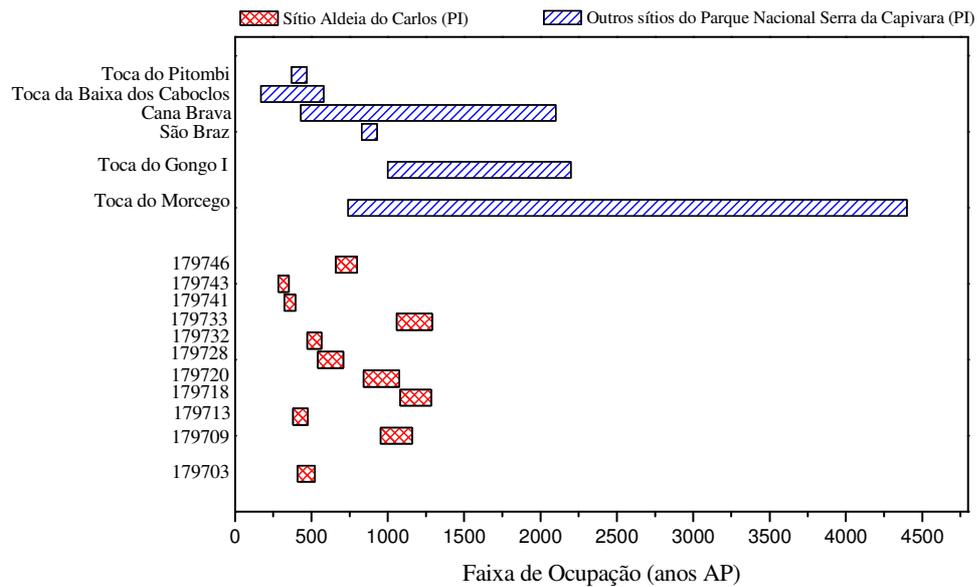


Figura 43: Comparação das idades das cerâmicas do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI) com as idades estimadas para outros sítios arqueológicos do Parque Nacional Serra da Capivara que possuem vestígios cerâmicos.

Como mostra a Figura 44, os resultados das datações por TL das cerâmicas do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI) também estão de acordo com os resultados das datações por TL de cerâmicas coletadas em outros sítios arqueológicos do Nordeste (Tabela 4).

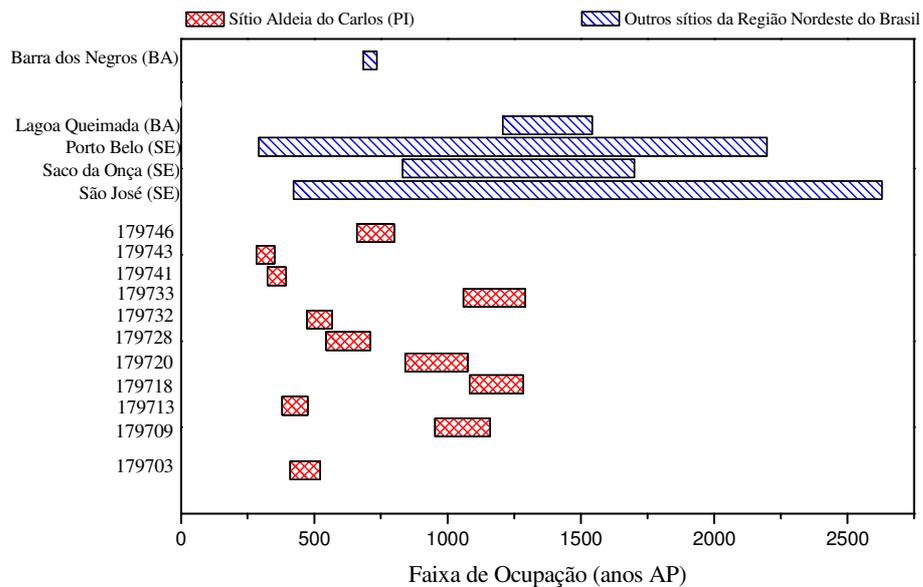


Figura 44: Comparação das idades das cerâmicas do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI) com as idades obtidas através da datação por TL de cerâmicas provenientes de outros sítios arqueológicos da região Nordeste.

5. CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho permitem concluir que:

1 – O teste do patamar e o estudo da temperatura de pré-aquecimento são necessários para determinar os melhores parâmetros a serem utilizados para a obtenção das curvas de calibração, que relaciona a resposta TL com a dose.

2 – As amostras cerâmicas do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI) apresentaram quartzo na granulometria e quantidade necessária para a realização da datação por TL através da técnica da inclusão do quartzo. Os picos de emissão TL destas amostras cerâmicas na condição natural, com taxa de aquecimento de 4°C/s, localizam-se entre 200 e 400°C.

3 – Através das concentrações dos elementos traços Fe, Rb, Cr, Co, Th, U e K nas cerâmicas, determinados através da análise por ativação neutrônica, pode-se concluir que mais de um depósito de argila foi utilizado na manufatura das cerâmicas do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI).

4 – Os resultados das datações mostram que houve ocupações em três períodos distintos, situados entre 300 e 500, 600 e 900, e 1000 e 1300 anos AP, sugerindo a passagem de pelo menos três grupos ceramistas pela região em épocas distintas, o que reforça a hipótese de que o local era utilizado como corredor de passagem.

5 – Relacionando os resultados das datações com a profundidade em que as amostras foram coletadas observou-se que fragmentos considerados da mesma peça cerâmica foram coletados em profundidades diferentes, indicando um revolvimento no solo, corroborando também com a hipótese levantada pelos arqueólogos de que a região do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI) era utilizada como corredor de passagem.

6 – Os resultados da datação mostram que as técnicas de acabamento de superfície alisada e corrugada coexistiam na região do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI), o que também é observado em outros sítios arqueológicos da América do Sul.

7 – Os resultados das datações apresentados neste trabalho estão dentro das expectativas arqueológicas para o local e são concordantes com outras datações realizadas em sítios do Parque Nacional Serra da Capivara e em outros locais do Nordeste do Brasil.

Portanto, pode-se concluir que o método de datação por TL para amostras do tipo cerâmico foi implantado pelo Grupo de Metrologia Arqueológica e Patrimonial (MAP) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), servindo de apoio aos pesquisadores que vem desenvolvendo estudos no sudoeste do estado do Piauí, na área arqueológica do Parque Nacional Serra da Capivara (PNSC). Além disso, como resultado direto deste estudo, foi desenvolvido um protocolo de coleta para datação por TL de amostras do tipo cerâmico. Este protocolo encontra-se no Apêndice D.

REFERÊNCIAS

ABDEL-WAHAB, M. S.; EL-FIKI, S. A.; EL-FIKI, M. A.; GOMAA, M.; ABDEL-KARIEM, S.; EL-FARAMAWY, N. Annual dose measurements and TL-dating of ancient Egyptian pottery. **Radiat. Phys. Chem.** v. 47, n° 5, p. 697-700, 1996.

ADAMIEC, G.; AITKEN, M. J. Dose rate conversion factors: update, **Ancient TL**, v. 16, p. 37-49, 1998.

AITKEN, M. J. **An Introduction to Optical Dating – The dating of Quaternary Sediments by the use of Photon-Stimulated Luminescence.** Oxford: Oxford University Press, 1998. 267 p., 21 cm. Bibliografia: p. 243-262. ISBN: 0-19-85409-2.

_____. Archaeological dating using physical phenomena. **Rep. Prog. Phys.**, United Kingdom, v. 62, p. 1333-1376, 1999.

_____. Dating by archaeomagnetic and thermoluminescent methods. **Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. Series A: Math. and Phys. Scien.**, v. 269, p. 77- 88, 1970a.

_____. Physics applied to archaeology – I. Dating. **Rep. Prog. Phys.**, v. 33, p. 941-1000, 1970b.

_____. **Thermoluminescence Dating.** Londres: Academic Press, 1985. 359 p., 21cm. Bibliografia: p. 331-351. ISBN: 0-12-046380-6.

AJAYI, O. S. Evaluation of absorbed dose rate and annual effective dose equivalent due to terrestrial gamma radiation in rocks in a part of southwestern Nigeria. **Radiation Protection Dosimetry**, v. 98, n. 4, p. 441-444, 2002.

ARENAS, J. S. A. Datação de sedimentos da Ilha de Cananéia, SP, e da duna de Pilão Arcado, Bahia, pelo método de termoluminescência. **Dissertação de Mestrado**, USP, 1994.

ARNAUD, M. B.; EMPERAIRE, L.; GUIDON, N.; PELLERIN, J. **L'aire archéologique du sud-est du Piauí Brésil.** Paris: Le milieu et les sites, v.1, n.16, 1984, 118p. il. (Synthèse)

BAFFA, O.; BRUNETTIA, A.; KARMANNC, I.; DIAS NETO, C. M. ESR Dating of a Toxodon Tooth from a Brazilian Karstic Cave. **Applied Radiation and Isotopes**, v. 52, p. 1345-1349, 2000.

BELL, W. T. Alpha dose attenuation in quartz grains for thermoluminescence dating. **Ancient TL**. v. 12, p. 4-8, 1980.

BENEA, V.; VANDENBERGHE, D.; TIMAR, A.; HAUTE, P. V. D.; COSMA, C.; GLIGOR, M.; FLORESCU, C. Luminescence dating of neolithic ceramics from Lumea Nouă, Romania. **Geochronometria**, Polônia, v. 28, p. 9-16, 2007.

BICHO, N. F. **Manual de Arqueologia Pré-Histórica.** São Paulo: Editora Edições 70, 2006. 552 p. ISBN: 9789724416347.

BITENCOURT, J.F.S.; SILVA, D.M.; SILVA, P.H.; KINOSHITA, A.; MUNITA, C.S.; TATUMI, S.H. Luminescence and ESR properties of Brazilian feldspars. **Radiation Measurements**. v. 41, p. 948 – 953, 2006.

BOS, A.J.J. Theory of thermoluminescence. **Radiation Measurements**, v. 41, p.45–56, 2007.

BØTTER-JENSEN, L. Luminescence techniques: instrumentation and methods. **Radiation Measurements**, v. 17, p. 749-768, 1997.

BØTTER-JENSEN, L.; MCKEEVER, S. W. S. Optically stimulated luminescence dosimetry using natural and synthetic materials. **Radiation Protection Dosimetry** v. 65, p. 273-280, 1996.

CANO, N. F.; ARIZACA, E. C.; YAURI, J. M. ; ARENAS, J. S. A. ; WATANABE, S. . Dating archeological ceramics from the Valley of Vitor, Arequipa by the TL method. **Radiation Effects and Defects in Solids**. v. 164, p. 572-577, 2009.

CARVALHO JUNIOR, A. B. Preparação e Caracterização de Quartzos Particulados e Discos de Quartzos - Teflon para Dosimetria TL das Radiações Ionizantes. **Tese de Doutorado**. CTG-UFPE, 2010.

CICLO DO CARBONO. HAWSTUFFWORKS. 2004. 21,5 Kb. Formato GIF. Disponível em: < <http://ciencia.hsw.uol.com.br/carbono-141.htm> >. Acessado em: 17 out. 2008.

CHEN, R; MCKEEVER, S. W. S. **Theory of Thermoluminescence and Related Phenomena**. World Scientific Publishing, Singapore, 1997. ISBN: 9810222955.

COSMA, C.; BENEÀ, V.; TIMAR, A.; BARBOS, D.; PAUNOIU, C. Preliminary dating results for ancient ceramics from Romania by means of thermoluminescence. **Radiation Measurements**. v. 41, p. 987-990, 2006.

DAVID, M; SUNTA, C. M. Thermoluminescence of quartz part VIII: estimation of firing temperature in ancient pottery samples. **Ind. J. Pure Appl. Phys.** v. 19, p. 1054, 1981.

DE CORTE, F.; VANDENBERGHE, D.; HOSSAIN, S. M.; DE WISPELAERE, A.; VANDEN HAUTE, P. The effect of different sample-calibrant composition in gamma-ray spectrometry for the assessment of the radiation dose rate in the luminescence dating of sediments. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 262, n. 1, p. 261-267, 2004.

DURRANI, S.A.; KHAZAL, K.A.R.; MCKEEVER, S.W.S.; Riley, R.J. Studies of changes in the thermoluminescence sensitivity in quartz induced by proton and gamma irradiations. **Radiat. Effect.**, v. 33, p. 237–244, 1977.

FARIAS, T. M. B.; GENNARI, R. F.; ETCHEVARNE, C.; WATANABE, S. Thermoluminescence dating of Brazilian indigenous ceramic. **Radiation Protection Dosimetry**. v. 136, p. 45-49, 2009.

FEATHERS, J. K. Date List 7: Luminescence dates for Prehistoric and Protohistoric pottery from the American Southwest. **Ancient TL**. v. 18, n. 2, 2000.

_____. The Application of Luminescence Dating in American Archaeology. **Journal of Archaeological Method and Theory**, v. 4, n. 1, 1997.

FLEMING, S. J. Thermoluminescent dating: Refinement of the quartz inclusion method. **Archaeometry**, v. 15, p. 13-30, 1970.

FLEMING, S. J.; STONEHAM, D. The subtraction method of thermoluminescence dating. **Archaeometry**, v. 15, p. 229-238, 1973.

FRONDEL, C. **The System of mineralogy- silica minerals**. J. Wiley and Sons Inc., Ed. 7, 1962, 334 p.

FUMDHAM. **Caderno de Campo do Sítio Aldeia do Carlos, 2006**. Piauí, 2006, 6 p.

_____. **Mapa Topográfico da Aldeia do Carlos**. 2008. 1 figura.

FURETTA, C. **Handbook of Thermoluminescence**. 2 Ed. World Scientific Publishing, New Jersey, 2010. ISBN: 109812838910.

FURUSAWA, M.; IKEYA, M. Electron spin resonance imaging utilizing localized microwave magnetic field. **Japn. J. Appl. Phys.** vol. 29 (2), p. 270-276, 1990.

GEBHARD, R. Materials analysis in Archaeology. **Hyperfine Interactions**, Holanda, v. 150, p. 1-5, 2003.

GIBSON, A.; WOODS, A. **Prehistoric pottery for the archaeologist**. Londres: Leicester University Press, 1990. ISBN: 0-7185-1274-X.

GLIOZZO, E.; D'ACO, D.; MEMMI TURBANTI, I.; GALLI, A.; MARTINI, M.; SIBILIA, E. Common ware production at Thamusida: dating and characterization of Roman and Islamic pottery. **Archaeol. Anthropol. Sci.** v. 1, p. 77-85, 2009. DOI 10.1007/s12520-009-0006-3.

GONÇALVES, G. V. Dendrocronologia: princípios teóricos, problemas práticos e aplicabilidade. **Notas de Aula**, 2007.

GONZÁLEZ P.; J. AZORIN, J.; SCHAAF, P.; RAMIREZ, A. Assessing the potential of thermoluminescence dating of pre-conquest ceramics from Calixtlahuaca, México. **Radiation Protection Dosimetry**. v. 84, n. 1- 4, p. 483- 487, 1999.

GÖKSU, H.Y.; SCHWENK, P. Thermoluminescence dating of terrazzo from the monastery church of Tegernsee (Bavaria, Germany) using the 210°C TL peak of quartz. **Radiat. Environ. Biophys.** v. 39, p. 301- 308, 2000.

GROGLER, N.; HOUTERMANS, F. G.; STAUFFER H. Ueber die Datierung von Keramik und Ziegel durch Thermolumineszenz. **Helvetica Physica Acta**. v. 33, p. 595-596, 1960.

GUIDON, N. Pedra Furada: uma revisão. In: **FUNDAMENTOS VII**. São Raimundo Nonato: Fundação Museu do Homem Americano, p. 380-403, 2007.

GUIDON, N.; ARNAUD, B. The Chronology of the New World: Two faces of One Reality. **World Archaeology**. v. 23, p.167-178, 1991.

GUIDON, N.; PESSIS, A. M.; MARTIN, G. Linha de pesquisa: o povoamento pré-histórico do nordeste do Brasil. **Revista Clio**, Recife: Editora da UFPE. n. 6, p.123-126, 1990.

GUIDON, N.; VERGNE, C.; VIDAL, I. A. Sítio Toca da Baixa dos Caboclos. Um abrigo funerário do enclave arqueológico do Parque Nacional da Serra da Capivara. **Revista CLIO**, Recife: Editora Universitária da UFPE, v.1, n.13, p. 127-144, 1998.

HARTMANN, G. A.; AFONSO, M. C.; TRINDADE, R. I. F. Arqueomagnetismo e datação arqueomagnética: princípios e métodos. **Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia**, São Paulo, v. 17, p. 445-459, 2007.

HEIDELBERG, G. A. W; AITKEN, M. J.; MEJDAHL, V. **Handbooks for Archaeologists n° 1: Thermoluminescence Dating**. 1ª Edição. European Science Foundation, Strasbourg, França, 47 p., 1983. ISBN 2-903148-35-X.

HILLAM, J. **Dendrochronology: guidelines on producing and interpreting dendrochronological dates**. Ancient Monuments Laboratory, Conservation and Technology. English Heritage, Londres, 35 p., 1998.

HOSSAIN, S. M.; DE CORTE, F.; VANDENBERGHEA, D.; VAN DEN HAUTE, P. Comparison of methods for the annual radiation dose determination in the luminescence dating of loess sediment. **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research**, v. 490, p. 598-613, 2002.

HUTTON, J. T.; PRESCOTT, J. R. Field and laboratory measurements of low-level thorium, uranium and potassium. **Nuclear Tracks and Radiation Measurements**, v. 20, p. 367-370. 1992.

ICHIKAWA, Y.; NAGATOMO, T. Thermoluminescence dating of burnt stone from Senpukuji cave. **PACT Journal**. v. 2/3, p. 174-179, 1978

IKEYA, M. New application of ESR: Dating, dosimetry and microscopy. **Scientific World**. New Jersey, 1993.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Measurement of Radionuclides in Food and the Environment. A Guidebook. **IAEA Technical Report series**. Vienna: IAEA. n. 295, 1989.

JONES, A. Archaeometry and materiality: Materials-based analyses in theory and practice. **Archaeometry**, Oxford, v. 46, n. 3, p. 327-338, ago. 2004.

KENNEDY, G. C.; KNOPFF, L. Dating by thermoluminescence. **Archaeology**. v. 13, p. 147-148, 1960.

LIBBY, W. F. **Radiocarbon Dating**. University of Chicago Press, Chicago, 1955.

MARANCA, S. Agricultores e ceramistas da área de São Raimundo Nonato, Piauí. **Revista Clio**. Anais do I Simpósio de Pré-história do Nordeste Brasileiro, 1987. Recife: Editora da UFPE. v. 1, n. 4, p.95-97, 1991.

MARTIN, G. A. **Pré-História do Nordeste do Brasil**. 4ª Edição. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005. 434 p. ISBN 85-7315-083-1.

MAZESS, R. B.; ZIMMERMAN, D. W. Pottery dating from thermoluminescence. **Science**. v. 152, p. 347-8, 1966.

MCKEEVER, S. W. S. **Thermoluminescence of solids**. Cambridge: Cambridge University Press, 1985. 376 p., 21cm. Bibliografia: p. 345-370. ISBN 0521-36811-1.

MEJDAHL, V. Thermoluminescence dating: beta-dose attenuation in quartz grains. **Archaeometry**, v. 21, p. 61-73, 1979.

MICHELS, J. W. Dating Methods. **Annual Review of Anthropology**, v. 1, p. 113-126, 1972.

MOOK, W. G.; WATERBOLK, H. T.; GRONINGEN. **Handbooks for Archaeologists n° 3: Radiocarbon Dating**. 1ª Edição. European Science Foundation, Strasbourg, França, 1985. 65 p. ISBN 2-903148-44-9.

MÜTZENBERG, D. S. Ambientes de ocupação pré-histórica no Boqueirão da Pedra Furada, Parque Nacional Serra da Capivara – PI. **Tese de Doutorado**. UFPE, 2010.

NAMBI, K. S. V. **Thermoluminescence: its understanding and applications**. Instituto de Energia Atômica, São Paulo, Brasil, 1977.

NUNES, K. P. Estudos arqueométricos do Sítio arqueológico Hatahara. **Dissertação de mestrado**. IPEN/USP. 2009.

NUNES, K.P.; MUNITA, C.S.; VASCONCELLOS, M.B.A.; OLIVEIRA, P.M.S.; CROCI, C.A.; FALEIROS, F.M. Characterization of soil samples according to their metal content. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**. v. 281, p. 359-363, 2009. DOI: 10.1007/s10967-009-0016-8.

OLIVEIRA, C. A. Abordagens teóricas dos grupos pré-históricos ceramistas no Nordeste. **Revista Canindé**, n. 1, p. 1-26, dez. 2001.

_____. **Estudos Preliminares das cerâmicas do Sítio Arqueológico Aldeia do Carlos (PI)**. Recife: UFPE, 2010. (Comunicação oral).

_____. Os grupos pré-históricos ceramistas no Nordeste. In: ALMEIDA, L. S.; GALINDO, Marcos. (ed.). **Revista da UFAL, Série: Índios do Nordeste: Temas e problemas 3**. Maceió: Editora da Universidade Federal de Alagoas (EDUFAL), p. 199-228, 2002.

PARROT, A. **Introdução à Arqueologia**. Tradução Maria Teresa Mesquita Pessôa. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1977. Tradução de: L' Archeoloyle.

PESSIS, A. M. Pré-história da Região do Parque Nacional Serra da Capivara. In: TENÓRIO, M. C. (Org.). **Pré-História da Terra Brasilis**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2000. p. 61-72.

PRESCOTT, J. R.; CLAY, R. W. Cosmic ray dose rates for luminescence and ESR dating: measured with a scintillation counter. **Ancient TL**, v. 18, n. 1, p. 11-14, 2000.

PRESCOTT, J. R; HUTTON, J. T. Cosmic ray and gamma ray dosimetry for TL and ESR. **Nuclear Tracks and Radiation Measurements**, v. 14, n.1-2, p. 223-227, 1988.

PRESCOTT, J.R.; STEPHAN, L.G. The contribution of cosmic radiation to the environmental dose for thermoluminescent dating, latitude, altitude and depth dependences. **PACT**, v. 6, p. 17-25, 1982.

PROKEIN, J.; WAGNER, G. A. Analysis of thermoluminescence glow peaks in quartz derived from the KTB-drill hole. **Radiation Measurements**, v. 23, p. 85-94, 1994.

RINK, W. J.; HUNTER, V. A. Densities of Modern and Fossil Dental Tissues: Significance to ESR Dating of Tooth Enamel. **Ancient TL**. v. 15, n. 2-3, p. 20 - 27, 1997.

SALVIA, F. L.; BROCHADO J. P. **Cerâmica Guarani**. Porto Alegre: Posenato Arte e Cultura, 1989.

SANTOS, C. F.; SILVA, D. M.; BITENCOURT, J. F.; SILVA, P. H.; TATUMI, S. H. Teste de Autenticidade em cerâmicas arqueológicas através do método da TL. **Boletim Técnico da Faculdade de Tecnologia de São Paulo, FATEC-SP**. v. 16, p. 13-14, 2004.

SANTOS, J. O. Datação arqueológica por termoluminescência a partir de vestígios cerâmicos do Sítio Justino da região do baixo São Francisco. **Dissertação de Mestrado**. UFS, 2002.

_____. Estudos arqueométricos de sítios arqueológicos do baixo São Francisco. **Tese de Doutorado**. IPEN-USP, 2007.

SANTOS, J. O.; MUNITA, C.S.; VALÉRIO, M. E. G.; VERGNE, M. C. S. Chronological study of archaeological sites from Canindé de São Francisco, Sergipe state, Brazil, by thermoluminescence technique. **Anais da International Nuclear Atlantic Conference - INAC 2005**, Santos, Brasil, 2005, ISBN: 85-99141-01-5.

SANTOS, J.O.; MUNITA, C.S.; TOYOTA, R.G.; VERGNE, C.; SILVA, R.S.; OLIVEIRA, P.M.S. The archaeometry study of the chemical and mineral composition of pottery from Brazil's Northeast. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**. v. 281, p. 189-192, 2009. DOI: 10.1007/s10967-009-0119-2.

SANTOS, P. S. **Ciência e tecnologia de argilas**. 2 ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 1989.

SALLUN, A. E. M.; SUGUIO, K.; TATUMI, S.H.; YEE, M.; SANTOS, J.; BARRETO, A. M. F. Datação absoluta de depósitos quaternários brasileiros por luminescência. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 37(2), p. 402-413, 2007.

SINOPOLI, C. M. **Approaches to Archaeological Ceramics**. London: Plenum Press, 1991. ISBN: 0-306-43575-6.

SOUZA, S. O.; BARRETO, M. F. A.; SANTOS, J. O.; AMARAL JÚNIOR, J. F. F.; DÊNIO, G. M.; VALÉRIO, M. E. G. Datação de artefatos arqueológicos de Xingó por termoluminescência. **Revista Canindé**, n. 8, p. 139-149, dez. 2006.

SULLASI, H. L., AZEVEDO, R. L., PESSIS, A. M.; KHOURY, H. J. Comparação dos métodos de dose aditiva e dose regenerativa no processo de datação por termoluminescência. **Revista Clio**, Recife: Editora da UFPE. v. 23, 2008.

TATUMI, S. H.; Peixoto, M. N.O.; MOURA, J. R. S.; MELLO, C. L.; CARMO, I. O.; KOWATA, E. A.; YEEA, M.; BRITO, S. L. M.; GOZZI, G.; KASSABA, L. R. P. Optical dating using feldspar from Quaternary alluvial and colluvial sediments from SE Brazilian Plateau, Brazil. **Journal of Luminescence**, v. 23, p. 566-570, 2003.

WAGNER, G. A. Thermolumineszenz-Datierungen am Töpferofen Koberg 15 in Lübeck. **Lübeck Schriften zur Archäologie und Kulturgeschichte**. v. 3, p. 83-87, 1980.

WAGNER, G. A.; WEINER, K. L. **Thermolumineszenz-Datierungen an der Keramik des Demircihüyük**. Em: KORFMANN, M. Demircihüyük, vol. 2. Mainz, 1983.

WATANABE, S.; TATUMI, S. H.; FARIAS, T. M. B.; SOUZA, S. O. ; GENNARI, R. F.; KUNZL, R.; FARIAS, D. S. E. Teste de confiabilidade dos Métodos de datação por termoluminescência (TL) e luminescência opticamente estimulada (OSL). **Rev. Do Museu de Arqueologia e Etnologia**. São Paulo. v. 15-16, p. 383-391, 2006.

WEIDA, W. Evaluation for the paleodose in thermoluminescence dating of porcelain. **Sci. China Ser E-Tech Sci.**, v. 51, n. 3, p. 260-267, Mar. 2008.

_____. Study and progress of the thermoluminescence dating of the ancient pottery and porcelain. **Sci. China Ser E-Tech Sci.**, v. 52, n. 6, p. 1613-1640, Jun. 2009.

WILLEY, G. R. Cerâmica. In: **Suma Etnológica Brasileira-Tecnologia Indígena**. RIBEIRO, B. G. (Cor.). Petrópolis: Editora Vozes. 1986. ISBN: 3012981.

WINTLE, A. G. Luminescence dating: laboratory procedures and protocols. **Radiation Measurements**, v. 27. n.5/6, p.769-817, 1997.

_____. Luminescence dating: where it has been and where it is going. **Boreas**, v. 37, p. 471-482, nov. 2008 (a). ISSN 0300-9483.

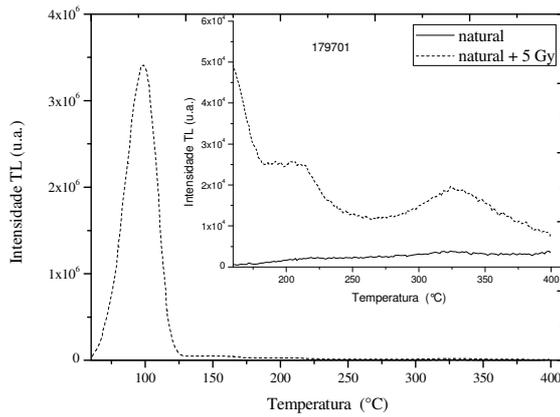
_____. Fifty years of luminescence dating. **Archaeometry**, v. 50, n. 2, p. 276–312, 2008 (b).

WINTLE, A. G.; HUNTLEY, D. J. Thermoluminescence dating of a deep-sea ocean core. **Nature**, v. 279, p. 710–12, 1979.

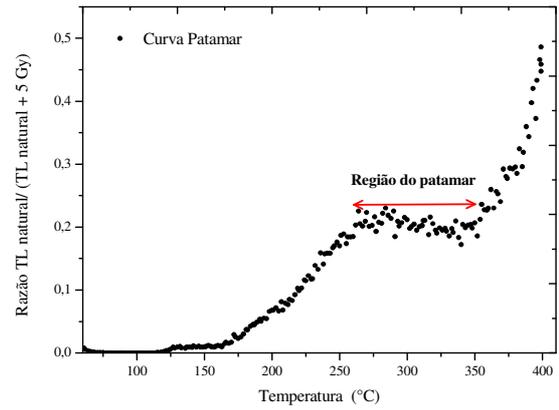
ZIMMERMAN, D.W. Thermoluminescent dating using fine grains from pottery. **Archaeometry**. v. 13, p. 29-52, 1971.

ZIMMERMAN, D. W.; HUXTABLE, J. Thermoluminescent dating of Upper Palaeolithic fired clay from Dolni Vestonice. **Archaeometry**, v. 13, p. 53-57, 1971.

APÊNDICE A- Testes do Patamar

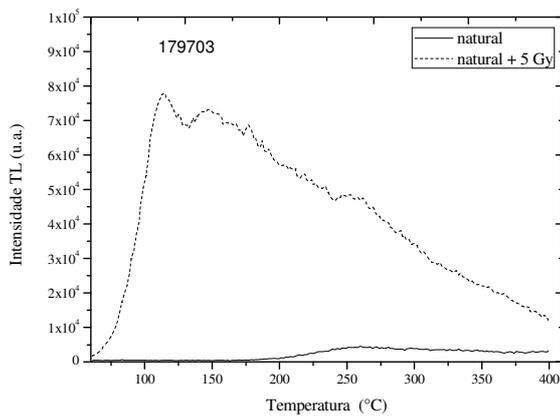


(A)

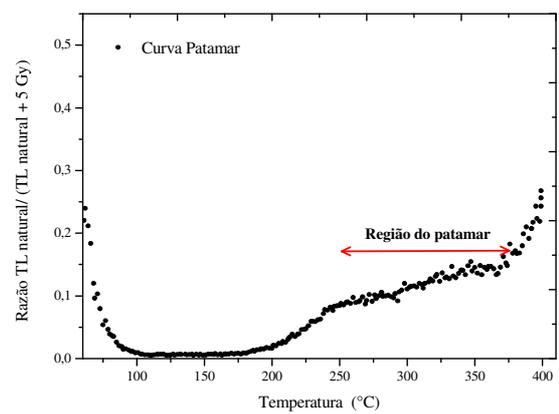


(B)

Figura A 1: (A) Curvas de emissão TL e (B) curva do patamar da amostra cerâmica 179701.

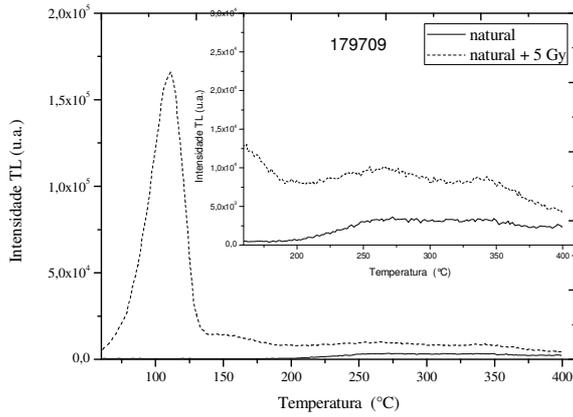


(A)

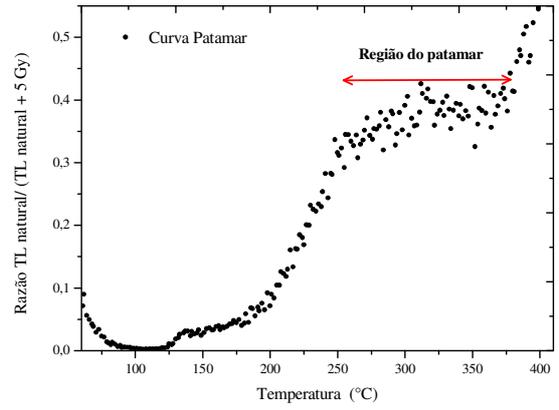


(B)

Figura A 2: (A) Curvas de emissão TL e (B) curva do patamar da amostra cerâmica 179703.

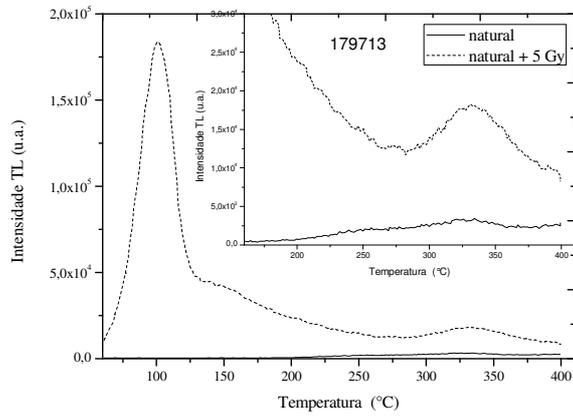


(A)

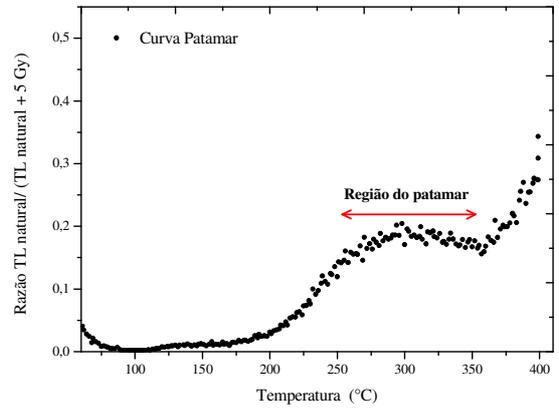


(B)

Figura A 3: (A) Curvas de emissão TL e (B) curva do patamar da amostra cerâmica 179709.

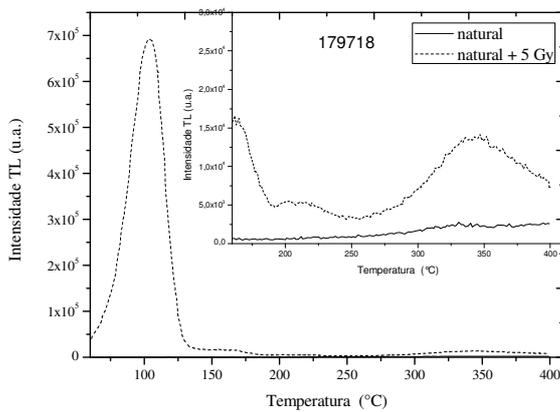


(A)

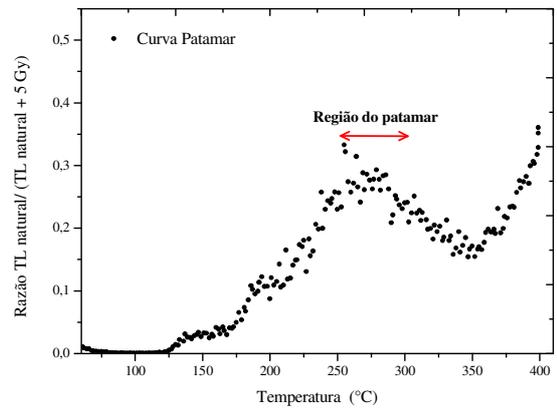


(B)

Figura A 4: (A) Curvas de emissão TL e (B) curva do patamar da amostra cerâmica 179713.



(A)



(B)

Figura A 5: (A) Curvas de emissão TL e (B) curva do patamar da amostra cerâmica 179718.

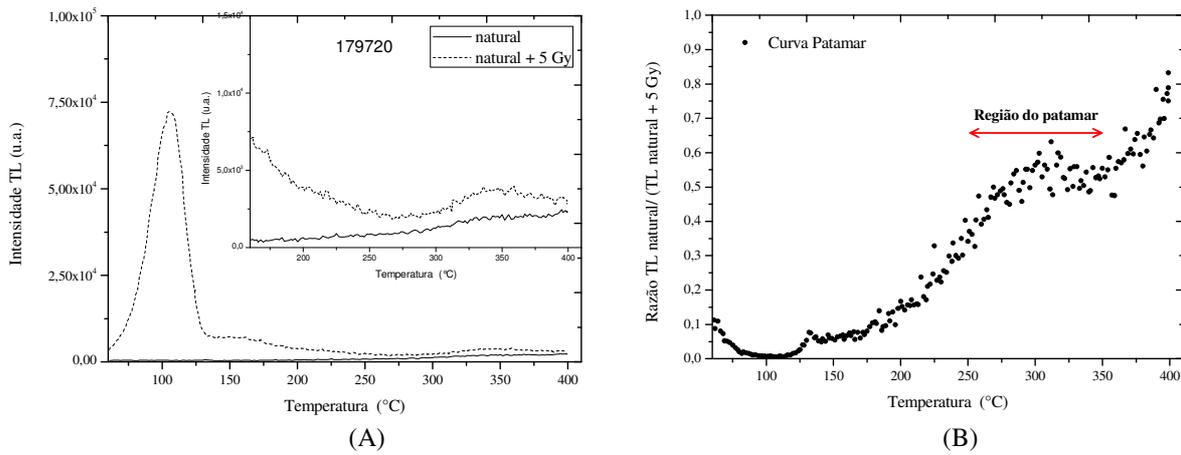


Figura A 6: (A) Curvas de emissão TL e (B) curva do patamar da amostra cerâmica 179720.

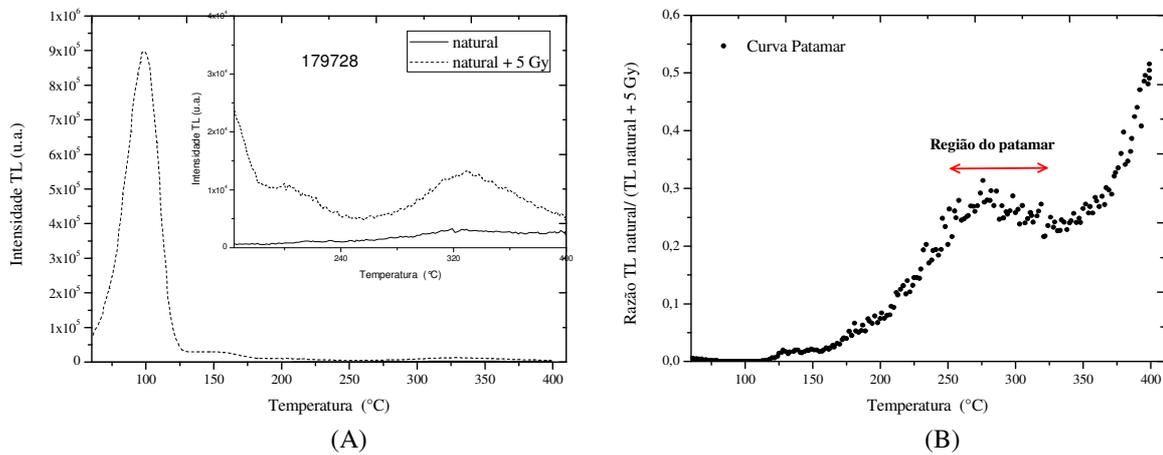


Figura A 7: (A) Curvas de emissão TL e (B) curva do patamar da amostra cerâmica 179728.

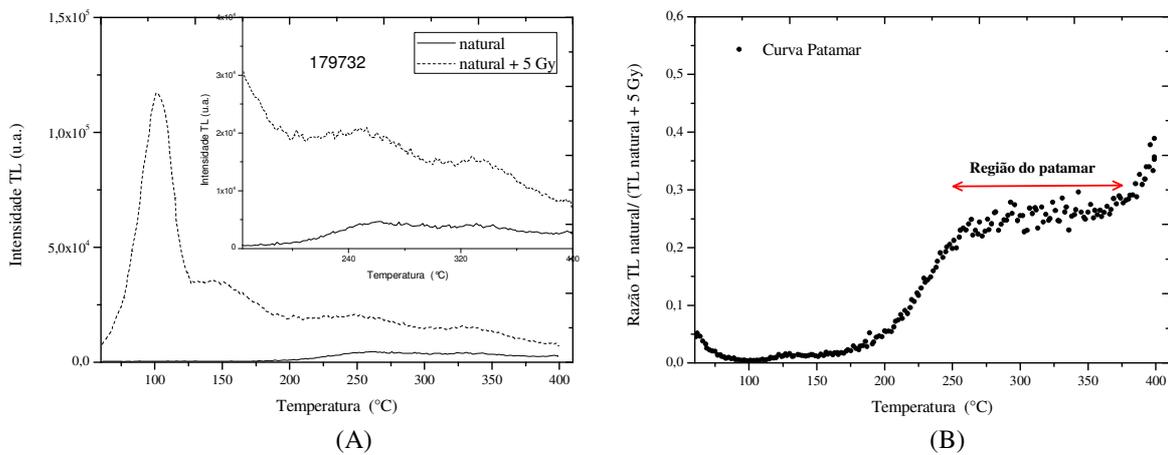
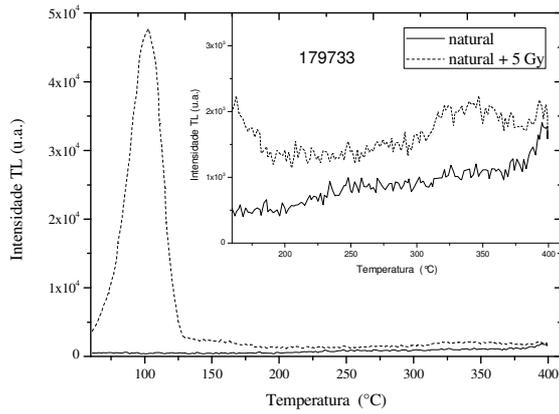
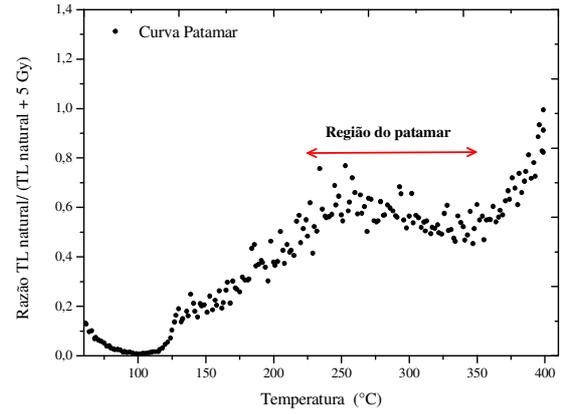


Figura A 8: (A) Curvas de emissão TL e (B) curva do patamar da amostra cerâmica 179732.

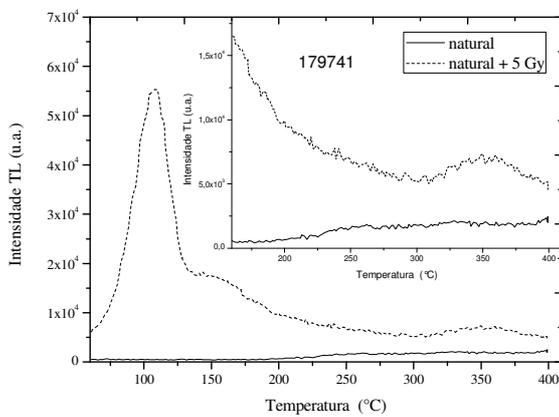


(A)

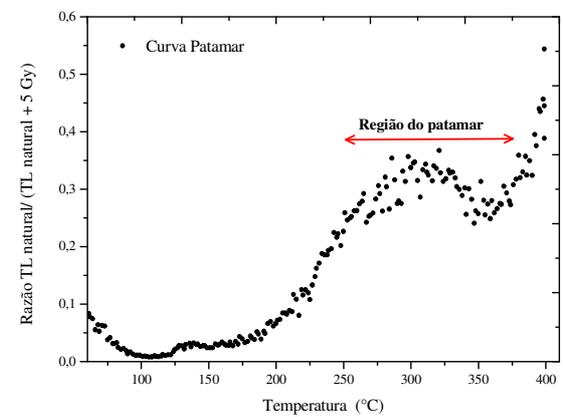


(B)

Figura A 9: (A) Curvas de emissão TL e (B) curva do patamar da amostra cerâmica 179733.

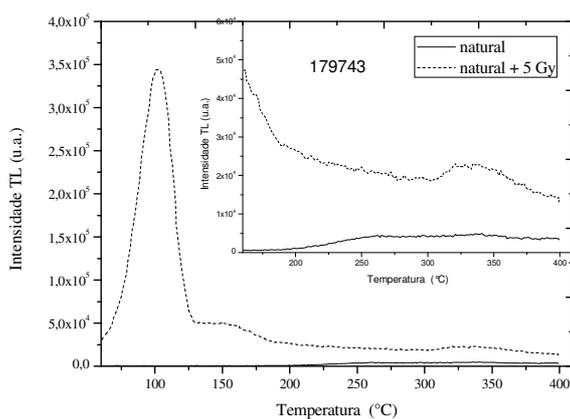


(A)

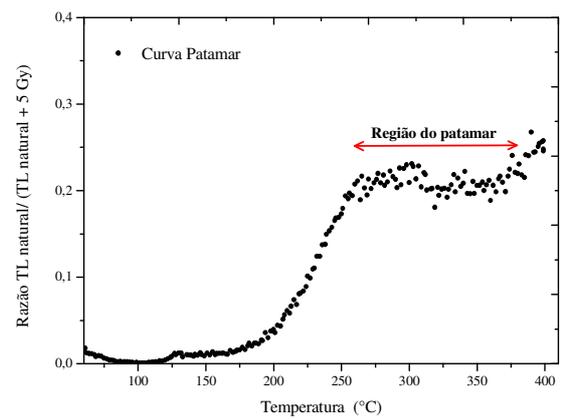


(B)

Figura A 10: (A) Curvas de emissão TL e (B) curva do patamar da amostra cerâmica 179741.



(A)



(B)

Figura A 11: (A) Curvas de emissão TL e (B) curva do patamar da amostra cerâmica 179743.

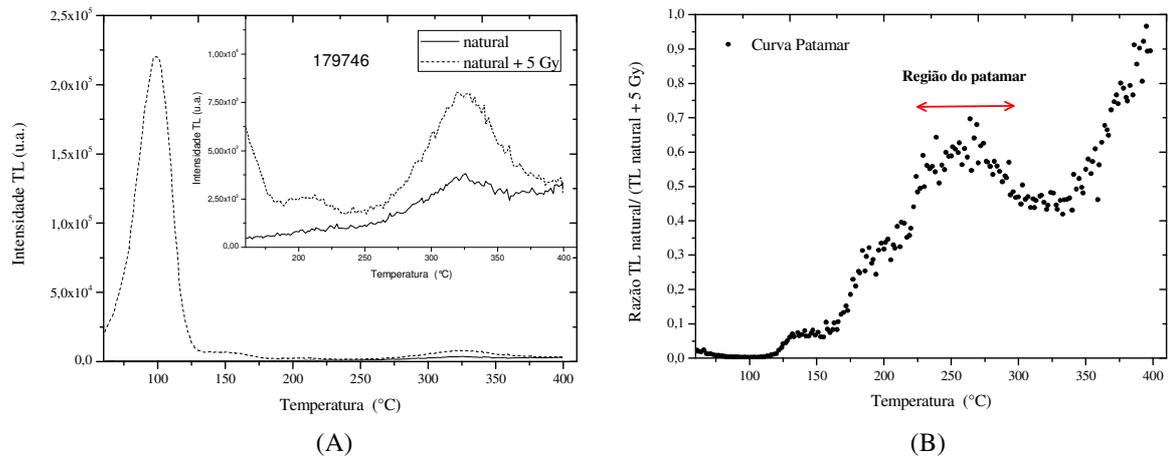


Figura A 12: (A) Curvas de emissão TL e (B) curva do patamar da amostra cerâmica 179746.

APÊNDICE B- Valores das leituras termoluminescentes

Tabela B 1: Valores das leituras termoluminescentes da amostra cerâmica 179701.

Valores das leituras TL da região entre 200 °C e 375 °C (nC)						
Dose (Gy)	L1 (nC)	L2 (nC)	L3 (nC)	Média (nC)	Sd (nC)	C.V(%)
natural	12,47	13,32	12,75	12,85	0,43	3,37
0	1,90	1,96	1,91	1,92	0,03	1,79
0,5	5,21	5,91	5,63	5,58	0,35	6,30
1	10,41	9,69	10,75	10,28	0,54	5,29
2	18,63	22,30	20,54	20,49	1,84	8,96
4	46,60	43,73	46,08	45,47	1,53	3,36
6	59,37	51,66	55,45	55,49	3,86	6,95
8	104,80	93,95	97,23	98,66	5,56	5,64
10	119,00	117,00	129,00	121,67	6,43	5,28

Tabela B 2: Valores das leituras termoluminescentes da amostra cerâmica 179703.

Valores das leituras TL da região entre 200 °C e 375 °C (nC)						
Dose (Gy)	L1 (nC)	L2 (nC)	L3 (nC)	Média (nC)	Sd (nC)	C.V(%)
natural	18,10	17,82	20,77	18,90	1,63	8,62
0	2,73	2,56	2,55	2,62	0,10	3,74
0,5	13,64	11,81	13,34	12,93	0,98	7,61
1	18,52	18,93	21,48	19,64	1,60	8,16
2	46,60	43,86	48,90	46,45	2,52	5,43
4	104,30	120,50	111,00	111,93	8,14	7,27
6	145,40	150,90	144,20	146,83	3,57	2,43
8	196,60	171,50	196,90	188,33	14,58	7,74
10	267,20	250,10	221,60	246,30	23,04	9,35

Tabela B 3: Valores das leituras termoluminescentes da amostra cerâmica 179709.

Valores das leituras TL da região entre 200 °C e 375 °C (nC)						
Dose (Gy)	L1 (nC)	L2 (nC)	L3 (nC)	Média (nC)	Sd (nC)	C.V(%)
natural	14,01	12,83	13,77	13,54	0,62	4,61
0	2,75	2,75	2,74	2,75	0,00	0,06
0,5	5,32	5,18	5,57	5,36	0,20	3,76
1	6,45	6,43	7,13	6,67	0,40	5,97
2	9,90	9,71	9,41	9,67	0,25	2,56
4	20,53	18,40	19,75	19,56	1,08	5,51
6	26,56	27,04	25,32	26,31	0,89	3,37
8	52,76	57,74	48,54	53,01	4,61	8,69
10	59,54	62,91	65,43	62,63	2,96	4,72

Tabela B 4: Valores das leituras termoluminescentes da amostra cerâmica 179713.

Valores das leituras TL da região entre 200 °C e 375 °C (nC)						
Dose (Gy)	L1 (nC)	L2 (nC)	L3 (nC)	Média (nC)	Sd (nC)	C.V(%)
natural	10,72	11,59	10,44	10,92	0,60	5,49
0	3,01	3,06	2,87	2,98	0,10	3,39
0,5	6,22	7,62	7,22	7,02	0,72	10,27
1	10,59	9,55	9,18	9,77	0,73	7,48
2	13,02	12,81	14,54	13,46	0,94	7,02
4	30,69	25,16	31,33	29,06	3,39	11,67
6	54,01	58,40	60,46	57,62	3,29	5,72
8	78,54	80,13	82,16	80,28	1,81	2,26
10	93,36	115,60	97,69	102,22	11,79	11,54

Tabela B 5: Valores das leituras termoluminescentes da amostra cerâmica 179718.

Valores das leituras TL da região entre 200 °C e 375 °C (nC)						
Dose (Gy)	L1 (nC)	L2 (nC)	L3 (nC)	Média (nC)	Sd (nC)	C.V(%)
natural	10,08	9,73	9,80	9,87	0,19	1,89
0	3,17	3,08	3,38	3,21	0,15	4,78
0,5	5,36	4,89	5,49	5,25	0,32	6,01
1	5,12	5,07	5,17	5,12	0,05	1,04
2	10,13	10,25	10,59	10,32	0,24	2,31
4	16,04	17,19	17,80	17,01	0,89	5,25
6	29,05	29,63	30,52	29,73	0,74	2,49
8	36,88	36,61	35,43	36,31	0,77	2,12
10	43,61	45,20	44,74	44,52	0,82	1,84

Tabela B 6: Valores das leituras termoluminescentes da amostra cerâmica 179720.

Valores das leituras TL da região entre 200 °C e 375 °C (nC)						
Dose (Gy)	L1 (nC)	L2 (nC)	L3 (nC)	Média (nC)	Sd (nC)	C.V(%)
natural	4,69	4,13	4,67	4,50	0,32	7,09
0	1,99	2,05	1,75	1,93	0,16	8,22
0,5	3,05	3,12	3,07	3,08	0,04	1,25
1	3,44	3,84	3,48	3,58	0,22	6,22
2	7,06	6,59	6,19	6,62	0,43	6,57
4	12,56	8,83	11,66	11,02	1,95	17,69
6	13,69	13,59	13,36	13,55	0,17	1,25
8	21,51	21,70	21,15	21,45	0,28	1,30
10	27,54	29,60	24,20	27,11	2,73	10,05

Tabela B 7: Valores das leituras termoluminescentes da amostra cerâmica 179728.

Valores das leituras TL da região entre 200 °C e 375 °C (nC)						
Dose (Gy)	L1 (nC)	L2 (nC)	L3 (nC)	Média (nC)	Sd (nC)	C.V(%)
natural	430,79	-	-	430,8	-	-
0	3,39	3,47	3,31	3,4	0,08	2,43
0,5	4,26	3,98	4,38	4,2	0,21	4,96
1	34,73	-	-	34,7	-	-

Tabela B 8: Valores das leituras termoluminescentes da amostra cerâmica 179732.

Valores das leituras TL da região entre 200 °C e 375 °C (nC)						
Dose (Gy)	L1 (nC)	L2 (nC)	L3 (nC)	Média (nC)	Sd (nC)	C.V(%)
natural	15,75	15,75	16,24	15,91	0,28	1,78
0	1,94	1,96	1,93	1,95	0,02	0,78
0,5	6,43	6,44	6,67	6,52	0,14	2,08
1	10,00	10,47	10,07	10,18	0,25	2,49
2	20,05	19,64	18,77	19,49	0,65	3,35
4	35,20	35,23	33,78	34,74	0,83	2,39
6	48,02	49,48	54,11	50,54	3,18	6,29
8	86,25	87,93	89,29	87,82	1,52	1,73
10	87,62	93,67	95,27	92,19	4,03	4,38

Tabela B 9: Valores das leituras termoluminescentes da amostra cerâmica 179733.

Valores das leituras TL da região entre 200 °C e 375 °C (nC)						
Dose (Gy)	L1 (nC)	L2 (nC)	L3 (nC)	Média (nC)	Sd (nC)	C.V(%)
natural	3,19	3,36	2,98	3,18	0,19	6,00
0	1,86	1,91	1,85	1,87	0,03	1,72
1	3,23	3,31	3,14	3,23	0,08	2,62
2	4,42	4,56	4,71	4,56	0,15	3,22
4	6,58	6,63	6,35	6,52	0,15	2,25
6	8,61	8,54	8,50	8,55	0,05	0,64
8	12,51	10,34	11,95	11,60	1,13	9,71

Tabela B 10: Valores das leituras termoluminescentes da amostra cerâmica 179741.

Valores das leituras TL da região entre 200 °C e 375 °C (nC)						
Dose (Gy)	L1 (nC)	L2 (nC)	L3 (nC)	Média (nC)	Sd (nC)	C.V(%)
natural	8,10	7,35	7,50	7,65	0,39	5,16
0	2,16	2,38	2,26	2,27	0,11	5,04
0,5	4,25	4,66	4,47	4,46	0,21	4,69
1	8,31	8,64	7,85	8,27	0,40	4,79
2	12,95	12,14	13,27	12,79	0,58	4,56
4	26,29	26,06	28,28	26,88	1,22	4,54
6	43,20	42,08	47,73	44,34	2,99	6,75
8	56,29	57,56	54,16	56,00	1,72	3,07
10	64,04	66,24	59,53	63,27	3,42	5,41

Tabela B 11: Valores das leituras termoluminescentes da amostra cerâmica 179743.

Valores das leituras TL da região entre 200 °C e 375 °C (nC)						
Dose (Gy)	L1 (nC)	L2 (nC)	L3 (nC)	Média (nC)	Sd (nC)	C.V(%)
natural	24,44	26,78	24,02	25,08	1,49	5,93
0	2,84	3,21	2,95	3,00	0,19	6,40
1	24,19	26,01	27,75	25,98	1,78	6,85
4	91,43	90,14	90,91	90,83	0,65	0,71
6	171,60	142,90	122,70	145,73	24,57	16,86

Tabela B 12: Valores das leituras termoluminescentes da amostra cerâmica 179746.

Valores das leituras TL da região entre 200 °C e 375 °C (nC)						
Dose (Gy)	L1 (nC)	L2 (nC)	L3 (nC)	Média (nC)	Sd (nC)	C.V(%)
natural	11,23	12,18	11,13	11,51	0,58	5,03
0	2,66	2,64	2,48	2,59	0,10	3,75
0,5	5,01	4,63	5,06	4,90	0,23	4,78
2	14,14	16,26	15,37	15,26	1,06	6,98
4	32,29	31,67	32,66	32,21	0,50	1,55
6	42,48	42,88	42,62	42,66	0,20	0,48

APÊNDICE C- Tabelas de concentração

Tabela C 1: Valores das concentrações de U-238, Th-232 e K-40 da amostra de sedimento 179704, coletado na Área B1, determinados a partir de espectrometria gama.

		Energia KeV	Área	CPS	Eficiência	Γ	Concentração		Concentração Média
							Bq/g	ppm	ppm
U-238	Pb-214	295,21	n.c.	0,000000	0,02571	0,187	0,0000	-	0,992
		351,92	1610	0,003727	0,02186	0,358	0,0122	0,9891	
	Bi-214	609,32	729	0,001688	0,01315	0,45	0,0073	0,5920	
		1120,28	324	0,000750	0,00749	0,149	0,0172	1,3958	
Th- 232	Pb-212	238,63	5942	0,013755	0,03131	0,435	0,0259	6,3823	6,236
		338,4	1290	0,002986	0,02266	0,124	0,0273	6,7148	
	Ac-228	911,2	963	0,002229	0,00907	0,277	0,0228	5,6096	
		966,8	n.c.	0,000000	0,00858	0,232	0,0000	-	
K- 40	K-40	1460,8	1207	0,002794	0,00586	0,1066	0,11480	0,3620	0,362

n.c. = não considerado.

Tabela C 2: Valores das concentrações de U-238, Th-232 e K-40 da amostra de sedimento 179705, coletado na Área B1, determinados a partir de espectrometria gama.

		Energia KeV	Área	CPS	Eficiência	Γ	Concentração		Concentração Média
							Bq/g	ppm	ppm
U-238	Pb-214	295,21	n.c.	0,00000	0,025715	0,187	0		0,804
		351,92	1191	0,00345	0,021857	0,358	0,01115	0,9025	
	Bi-214	609,32	705	0,00204	0,013154	0,45	0,00873	0,7062	
		1120,28	n.c.	0,00000	0,007489	0,149	0,00000	-	
Th- 232	Pb-212	238,63	4421	0,01279	0,031308	0,435	0,02379	5,8576	5,680
		338,4	957	0,00277	0,022664	0,124	0,02495	6,1448	
	Ac-228	911,2	701	0,00203	0,009066	0,277	0,02045	5,0370	
		966,8	n.c.	0,00000	0,008583	0,232	0,00000	-	
K- 40	K-40	1460,8	1176	0,00340	0,005859	0,1066	0,13797	0,4351	0,435

n.c. = não considerado.

Tabela C 3: Valores das concentrações de U-238, Th-232 e K-40 da amostra de sedimento 179714, coletado na Área D1, determinados a partir de espectrometria gama.

		Energia KeV	Área	CPS	Eficiência	Γ	Concentração		Concentração Média
							Bq/g	ppm	ppm
U-238	Pb-214	295,21	849	0,003931	0,02571	0,187	0,0189	1,5312	1,293
		351,92	1055	0,004884	0,02186	0,358	0,0144	1,1693	
	Bi-214	609,32	805	0,003727	0,01315	0,45	0,0146	1,1794	
		1120,28	n.c.	0,000000	0,00749	0,149	0,0000	-	
Th- 232	Pb-212	238,63	2672	0,012370	0,03131	0,435	0,0210	5,1780	5,242
		338,4	559	0,002588	0,02266	0,124	0,0213	5,2497	
	Ac-228	911,2	607	0,002810	0,00907	0,277	0,0259	6,3792	
		966,8	314	0,001454	0,00858	0,232	0,0169	4,1619	
K- 40	K-40	1460,8	976	0,004519	0,00586	0,1066	0,16747	0,5282	0,528

n.c. = não considerado.

Tabela C 4: Valores das concentrações de U-238, Th-232 e K-40 da amostra de sedimento 179719, coletado na Área D1, determinados a partir de espectrometria gama.

		Energia KeV	Área	CPS	Eficiência	Γ	Concentração		Concentração Média
							Bq/g	ppm	ppm
U-238	Pb-214	295,21	1327	0,00279	0,02571	0,18700	0,0138	1,118	1,259
		351,92	2323	0,00489	0,02186	0,35800	0,0149	1,203	
	Bi-214	609,32	1464	0,00308	0,01315	0,45000	0,0124	1,002	
		1120,28	471	0,00099	0,00749	0,14900	0,0211	1,711	
Th- 232	Pb-212	238,63	5884	0,01238	0,03131	0,43500	0,0216	5,329	5,796
		338,4	1395	0,00294	0,02266	0,12400	0,0249	6,123	
	Ac-228	911,2	1208	0,00254	0,00907	0,27700	0,0241	5,934	
		966,8	n.c.	0,00000	0,00858	0,23200	0,0000	-	
K- 40	K-40	1460,8	1715	0,00361	0,00586	0,10660	0,1376	0,433	0,434

n.c. = não considerado.

Tabela C 5: Valores das concentrações de U-238, Th-232 e K-40 da amostra de sedimento 179729, coletado na Área D1, determinados a partir de espectrometria gama.

		Energia KeV	Área	CPS	Eficiência	Γ	Concentração		Concentração Média
							Bq/g	ppm	ppm
U-238	Pb-214	295,21	1206	0,002792	0,02571	0,187	0,0156	1,265	1,203
		351,92	1859	0,004303	0,02186	0,358	0,0148	1,198	
	Bi-214	609,32	1346	0,003116	0,01315	0,45	0,0142	1,147	
		1120,28	n.c.	0,000000	0,00749	0,149	0,0000	-	
Th- 232	Pb-212	238,63	4261	0,009863	0,03131	0,435	0,0195	4,801	5,415
	Ac-228	338,4	1015	0,002350	0,02266	0,124	0,0225	5,542	
		911,2	1109	0,002567	0,00907	0,277	0,0275	6,777	
		966,8	589	0,001363	0,00858	0,232	0,0184	4,539	
K- 40	K-40	1460,8	2456	0,005685	0,00586	0,1066	0,24503	0,773	0,773

n.c. = não considerado.

APÊNDICE D- Protocolo de coleta de materiais cerâmicos para datação por termoluminescência

Visando a determinação da dose acumulada e da taxa de dose anual, fatores essenciais para a determinação da idade por meio do método TL, bem como a confiabilidade dos resultados, alguns cuidados no momento da coleta das amostras cerâmicas precisam ser tomados. Estes encontram-se descritos no protocolo a seguir:

- No momento em que as amostras cerâmicas sejam evidenciadas, as mesmas devem ser envolvidas, imediatamente, em papel do tipo alumínio, ou sacos pretos (fosco), evitando, assim, a exposição à luz solar e a perda do sinal TL. Os fragmentos cerâmicos deverão possuir, preferencialmente, dimensões superiores a 5 x 5 cm, de modo a garantir uma quantidade suficientemente razoável de amostra para datação.
- As informações sobre a latitude e altitude do local onde a amostra foi encontrada, bem como a profundidade (em relação à superfície) devem ser obtidas para a determinação do valor da radiação cósmica. Estas informações devem estar presentes na etiqueta de identificação da amostra. Caso estas informações não sejam informadas, será utilizado o valor de 0,25 mGy/ano, tido como típico para o Brasil.
- Para a determinação da taxa de dose anual, é preciso que o solo ao redor da amostra seja coletado. Considera-se homogêneo o solo num raio de 30 cm da amostra. A quantidade de solo necessária deve ser suficiente para preencher um recipiente cilíndrico de 7 cm de diâmetro e 5 cm de altura. O solo deve ser colocado em um saco plástico, que pode ser transparente, pois, neste caso, não há problemas em expor a amostra à luz solar, e deve ser etiquetado com a informação sobre a qual cerâmico está relacionado.
- Por fim, as amostras cerâmicas e de sedimento devem ser acondicionados em uma caixa (preferencialmente de plástico), que, por garantia, deve ser envolvida com sacos plásticos pretos, garantindo desta forma, que no transporte até o laboratório as amostras não sejam expostas à luz, nem sejam molhadas por chuva. Deve-se, também, evitar mudanças bruscas de temperatura ao longo do transporte, bem como evitar o acondicionamento das mesmas em temperaturas.