

RESEARCH ARTICLE

MONITORAMENTO IN SITU DE PARÂMETROS AMBIENTAIS NO SÍTIO ARQUEOLÓGICO CAMINHO DA CAIÇARA II, BRASIL

In Situ Monitoring of Environmental Parameters at the Caminho da Caiçara II Archaeological Site, Brazil

Luis Carlos Duarte Cavalcante
Andre Luiz das Neves Beserra
Heralda Kelis Sousa Bezerra da Silva

Laboratório de Arqueometria e Arte Rupestre, Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina, Piauí, Brasil
(✉ cavalcanteufpi@ufpi.edu.br)



Figura 1. Vista panorâmica do sítio arqueológico Caminho da Caiçara II, paredão rochoso principal e detalhes das pinturas rupestres.

Recebido: 3/6/2024. Aceito: 15/6/2024. Publicado: 28/6/2024.

RESUMO. O sítio arqueológico Caminho da Caiçara II está localizado no povoado Cadoz Velho, área rural do município de Piripiri, Piauí, Brasil. Consiste de um grande paredão vertical e de um pequeno bloco de arenito contendo 101 pinturas rupestres nas cores vermelha e amarela. São figuras abstratas e carimbos de mãos humanas, além de uma pegada de ave e de um propulsor de dardos. Há gravuras rupestres na forma de cúpules. Este artigo reporta os resultados do monitoramento *in situ* de parâmetros ambientais tais como temperatura e umidade relativa do ar ambiente, temperatura da rocha em áreas com e sem pinturas rupestres, além da velocidade dos ventos que atingem o sítio arqueológico investigado. Os dados experimentais obtidos indicam que a ação térmica nos filmes pictóricos das pinturas rupestres do sítio Caminho da Caiçara II é nitidamente mais intensa do que em outros sítios arqueológicos próximos. A incidência solar direta nas pinturas rupestres durante a maior parte do dia e do ano é o principal agente responsável pelo aquecimento elevado dos filmes pictóricos.

PALAVRAS-CHAVE. Pinturas rupestres, parâmetros ambientais, monitoramento *in situ*, arqueometria, Caminho da Caiçara II, Piripiri, Brasil.

ABSTRACT. The Caminho da Caiçara II archaeological site is located in the village of Cadoz Velho, a rural area in the municipality of Piripiri, Piauí, Brazil. It consists of a large vertical wall and a small sandstone block containing 101 rock paintings in red and yellow colors. There are abstract figures and human handprints, as well as a bird's footprint and a spear-thrower. There are rock engravings in the shape of cupules. This paper reports the results of *in situ* monitoring of environmental parameters such as ambient air temperature and relative humidity, rock temperature in areas with and without rock paintings, as well as the speed of the winds that reach the archaeological site under investigation. The experimental data obtained indicate that the thermal action on the pictorial films of the rock paintings from the Caminho da Caiçara II site is clearly more intense than in other nearby archaeological sites. Direct sunlight on the rock paintings for most of the day and year is the main agent responsible for the high heating of the pictorial films.

KEYWORDS. Rock paintings, environmental parameters, *in situ* monitoring, archaeometry, Caminho da Caiçara II, Piripiri, Brazil.

INTRODUÇÃO

Localizado no povoado Cadoz Velho, área rural do município de Piripiri, no norte do Estado do Piauí, Brasil, o sítio arqueológico Caminho da Caiçara II (Figura 1) consiste em um grande paredão arenítico vertical contendo pinturas e gravuras rupestres, além de um pequeno bloco de arenito, situado na frente do paredão principal, no qual pinturas vestigiais também são encontradas.

Ao relatarem o levantamento sistemático desse sítio, Cavalcante e Rodrigues (2020) descrevem um acervo de 101 pinturas rupestres, composto por figuras abstratas, em geral geométrizadas, e impressões de mãos, além de uma pegada de ave e de um propulsor de dardos. As figuras são elaboradas majoritariamente em variadas tonalidades de cor vermelha, embora sejam encontradas algumas pinturas amarelas. A ocorrência de gravuras rupestres na forma de cúpules também é mencionada pelos autores citados, os quais enfatizam a vulnerabilidade das pinturas e gravuras aos intemperis-

mos e agentes erosivos atuantes no sítio, especialmente no paredão rochoso vertical.

Neste artigo, objetiva-se abordar o monitoramento *in situ* de parâmetros ambientais no sítio arqueológico supramencionado, pontualmente pela avaliação da temperatura do suporte rochoso em áreas com a ocorrência de pinturas rupestres e em áreas adjacentes sem pinturas rupestres, bem como pela aferição da temperatura e da umidade relativa do ar ambiente, e ainda por meio de medições da velocidade dos ventos ocorrentes no entorno. Os fatores investigados, conjunta ou separadamente, podem causar danos, muitas vezes irreparáveis, ao patrimônio arqueológico.

Outros sítios arqueológicos da região foram submetidos ao mesmo procedimento experimental aqui abordado, como parte integrante de uma estratégia mais ampla de pesquisa adotada no centro-norte do Piauí (Cavalcante *et al.* 2014; Cavalcante 2015a, 2015b, 2016, 2018). O monitoramento *in situ* de parâmetros ambientais foi realizado nos sítios Letreiro da Pedra Riscada (Cavalcante *et al.* 2015, município de Domin-

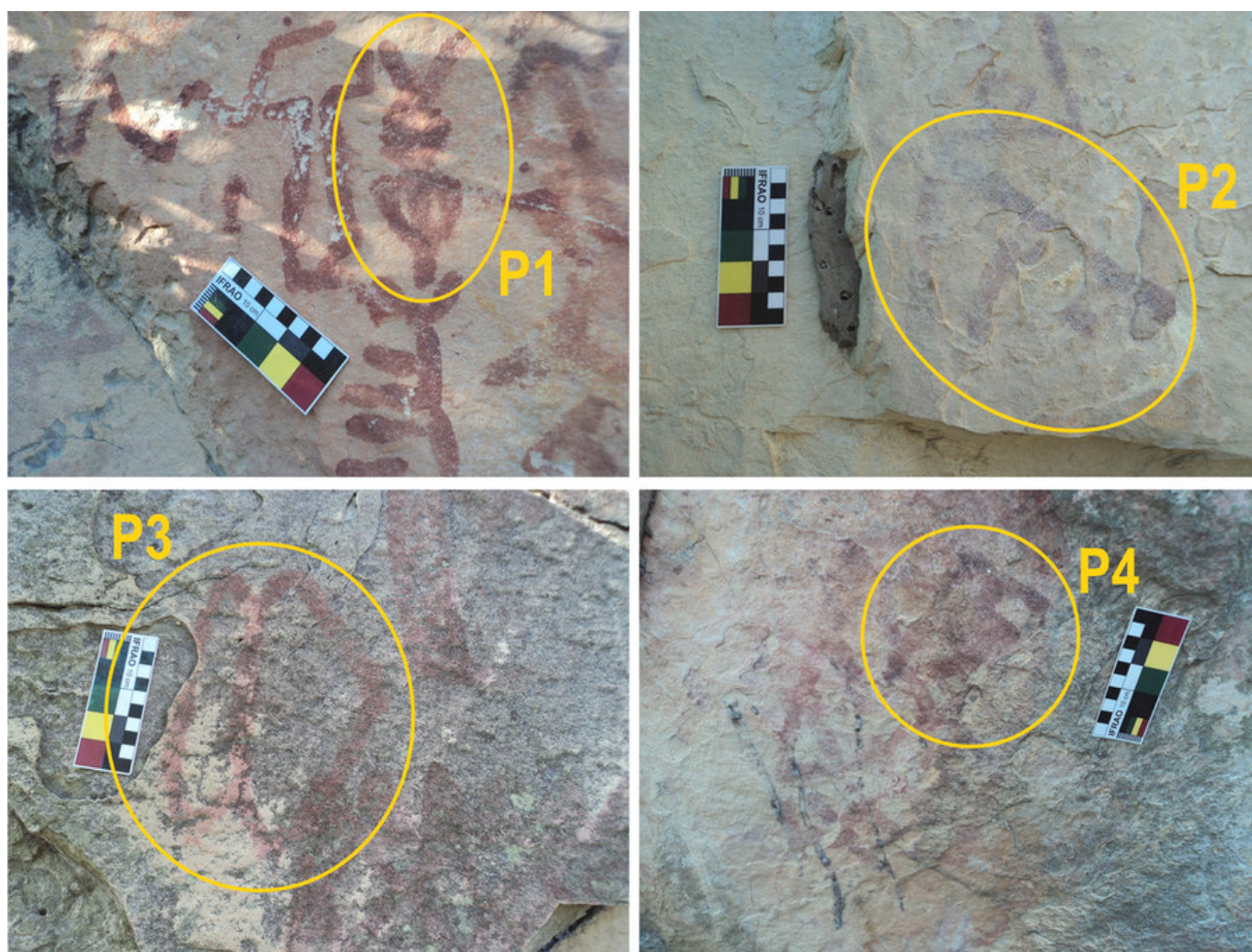


Figura 2. Pontos do sítio arqueológico Caminho da Caiçara II em que foi realizado o monitoramento da temperatura do suporte rochoso em áreas com e sem pinturas rupestres.

gos Mourão), Pedra do Cantagalo I (Cavalcante *et al.* 2017, município de Piripiri) e Tamboril (Magalhães *et al.* 2019, município de Barras).

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O monitoramento experimental *in situ* foi realizado em quatro expedições a campo. As primeiras aferições ocorreram em junho de 2014, logo após o período de chuvas na região. Medidas efetuadas em novembro de 2014 possibilitaram acompanhar a evolução dos parâmetros ambientais no auge do período de estiagem. Medidas realizadas em março de 2015 possibilitaram aferições no auge do período de chuvas. Finalmente, uma última etapa de medidas em junho de 2015 permitiu concluir o ciclo de monitoramento, tendo sido realizada logo após o término do período chuvoso. A seleção das datas para o monitoramento *in situ* levou

em conta a necessidade de avaliação sistemática dos parâmetros ambientais investigados, tanto ao longo do dia quanto sazonalmente em diferentes períodos do ano.

Em todas as expedições, as medidas *in situ* abrangeram o monitoramento i) da temperatura do ar ambiente, ii) da umidade relativa do ar ambiente, iii) da velocidade dos ventos ocorrentes no entorno, e iv) da temperatura do suporte rochoso em áreas com pinturas rupestres e em áreas adjacentes sem pinturas rupestres, em quatro pontos do sítio arqueológico Caminho da Caiçara II, identificados como P1, P2, P3 e P4 (Figura 2).

As medidas de temperatura ambiente e de umidade relativa do ar foram efetuadas com um termohigrômetro digital da *Instrutemp*, operando entre -10 a $+50$ °C, para temperatura, e 15 a 95%, para umidade, com resoluções correspondentes de $0,1$ °C e 1% e precisões respectivas de ± 1 °C e $\pm 5\%$. Para a avaliação de temperatura em áreas do suporte rochoso com pinturas

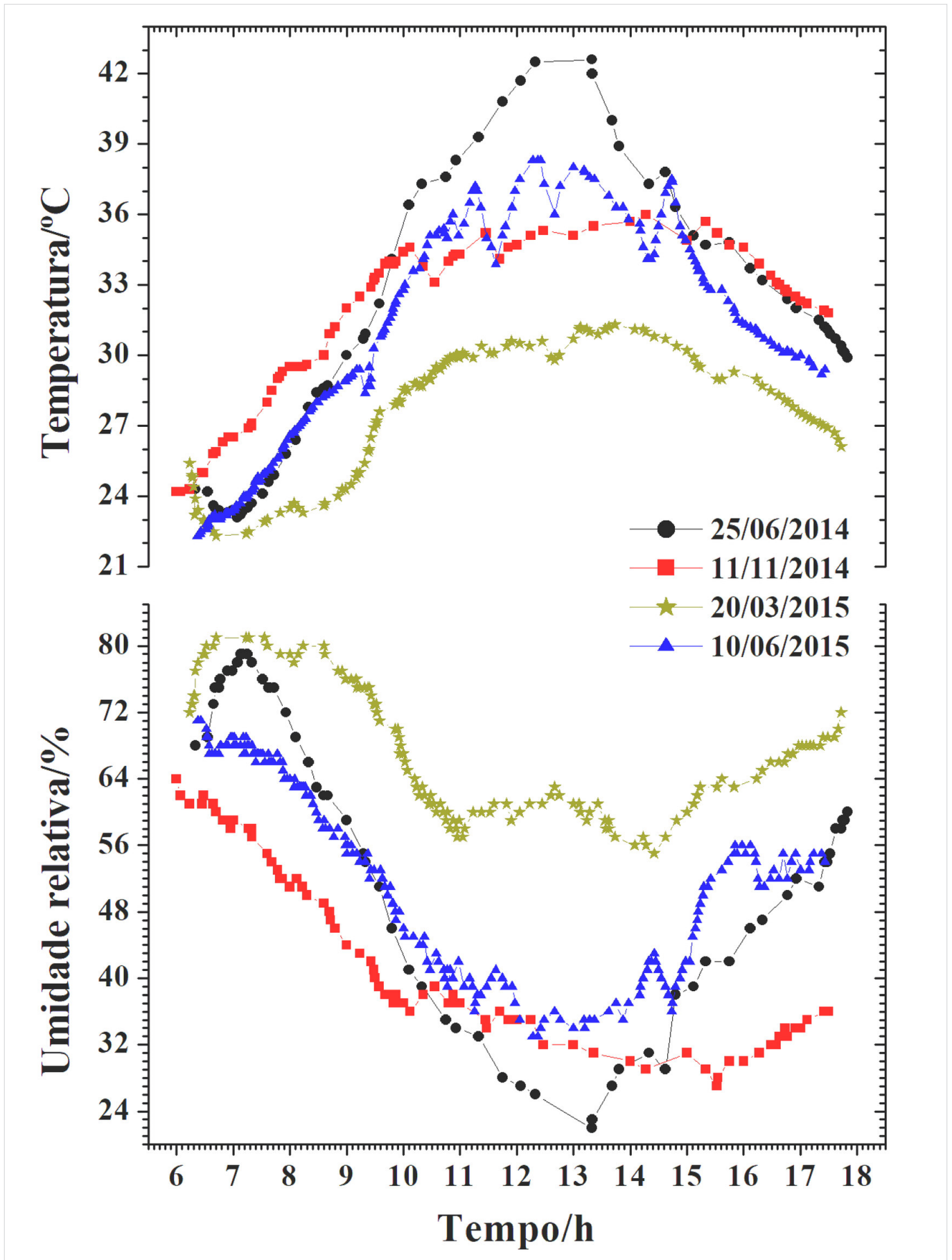


Figura 3. Temperatura e umidade relativa do ar ambiente monitoradas em junho e novembro de 2014 e em março e junho de 2015.

Tabela 1. Temperatura mínima e máxima do ar e umidade relativa máxima e mínima do ar e amplitudes correspondentes em cada período de monitoramento.

Data	Temperatura do ar/°C	Horário	Amplitude de temperatura/°C	Umidade relativa/%	Horário	Amplitude de umidade/%
25/06/2014	23,1	06:47	19,5	79	07:08	57
	23,1	07:04		79	07:15	
	42,6	13:19		22	12:19	
11/11/2014	24,2	06:00	11,8	64	06:00	37
	24,2	06:04		27	15:32	
	36,0	14:17				
20/03/2015	22,3	06:42	9,0	81	06:42	26
	31,3	13:44		81	07:33	
				55	14:25	
10/06/2015	22,3	06:22	16,0	71	06:22	38
	38,3	12:18		71	06:26	
	38,3	12:25		33	12:17	
				33	12:22	
Todo o período de monitoramento			20,3			59

rupestres e, comparativamente, em áreas imediatamente adjacentes, sem tinta pré-histórica, foi utilizado um termômetro infravermelho ITTI-550 da *Instrutemp*, projetado para a medida de temperatura de superfícies, com escala entre -32 a $+530$ °C, resolução de $0,1$ °C e precisão de $\pm 2\%$. A velocidade dos ventos foi aferida com um anemômetro digital portátil ITAN-700 da *Instrutemp*, com escala de 0 a 20 m/s.

A aferição da temperatura do suporte rochoso em áreas com e sem pinturas rupestres foi realizada em intervalos de uma em uma hora, enquanto a temperatura e a umidade relativa do ar ambiente foram medidas continuamente a cada vez que um dos dois parâmetros exibiu alguma alteração numérica na tela do termohigrômetro. A aferição da velocidade dos ventos também foi realizada continuamente, conforme as correntes de ar eram detectadas pelo anemômetro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 mostra os resultados das medidas de temperatura e umidade relativa do ar ambiente durante o

período investigado, observando-se que o mês de março exibiu as temperaturas mais baixas e a correspondente umidade mais elevada. No outro extremo está o mês de junho, com temperaturas mais elevadas e umidade correspondente mais baixa.

O monitoramento demonstrou que esses dois parâmetros apresentam um comportamento dinâmico, variando consideravelmente de um ano para o outro, a exemplo dos dados coletados em junho de 2014 e em junho de 2015.

Os valores máximos e mínimos da temperatura e da umidade relativa do ar estão sumarizados na Tabela 1, onde também são apresentadas as amplitudes correspondentes a cada um dos parâmetros em cada período de monitoramento.

A amplitude térmica no dia 25 de junho de 2014 foi de $19,5$ °C, com mínima de $23,1$ °C nas primeiras horas da manhã e máxima de $42,6$ °C as 13h 19min. Em 11 de novembro de 2014 a amplitude térmica foi de $11,8$ °C, com mínima de $24,2$ °C no início da manhã e máxima de $36,0$ °C as 14h 17min. Em 20 de março de 2015 a amplitude térmica correspondente foi de $9,0$ °C, com mínima de $22,3$ °C no início da manhã e

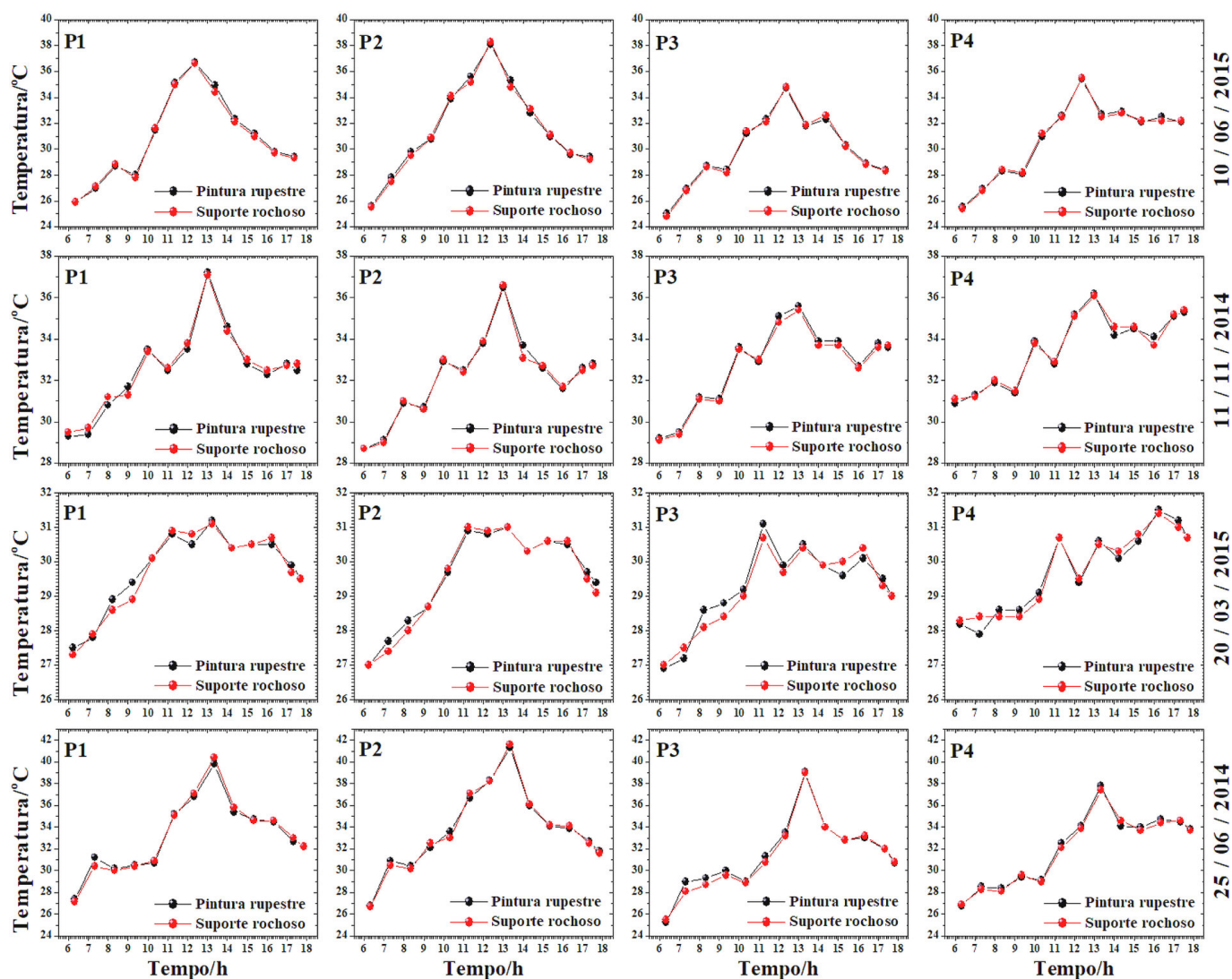


Figura 4. Temperatura do suporte rochoso do sítio Caminho da Caiçara II em áreas com e sem a ocorrência de pinturas rupestres nos pontos P1, P2, P3 e P4 em junho e novembro de 2014 e em março e junho de 2015.

máxima de 31,3 °C às 13h 44min. A amplitude térmica durante o período de monitoramento no dia 10 de junho de 2015 foi de 16,0 °C, com mínima de 22,3 °C nas primeiras horas da manhã e máxima de 38,3 °C próximo ao meio-dia.

De forma geral, as maiores temperaturas foram verificadas no intervalo entre as 10 e as 15 horas, com picos térmicos entre as 12 e as 14 horas.

A amplitude térmica geral do ar ambiente no período em que as medidas experimentais foram realizadas foi de 20,3 °C, com máxima de 42,6 °C em junho de 2014 e mínima de 22,3 °C em março e em junho de 2015.

A amplitude da umidade relativa do ar durante o tempo de monitoramento no dia 25 de junho de 2014 foi de 57%, com máxima de 79% próxima das 7 horas e mínima de 22% próxima das 13 horas. Em 11 de

novembro de 2014 a amplitude de umidade foi de 37%, com máxima de 64% no início da manhã e mínima de 27% às 15h 32min. Em 20 de março de 2015 a amplitude de umidade relativa do ar ambiente foi de 26%, com máxima de 81% nas primeiras horas da manhã e mínima de 55% às 14h 25min. Em 10 de junho de 2015 a amplitude de umidade do ar foi de 38%, com máxima de 71% no início da manhã e mínima de 33% próxima ao meio-dia.

Em relação a todo o período de monitoramento dos parâmetros ambientais no sítio Caminho da Caiçara II, a amplitude geral da umidade relativa do ar foi de 59%, com máxima de 81% em março de 2015 e mínima de 22% em junho de 2014.

De forma geral, os menores valores de umidade relativa acompanharam os maiores valores de temperatura do ar ambiente, no intervalo entre as 10 e as 15 horas.

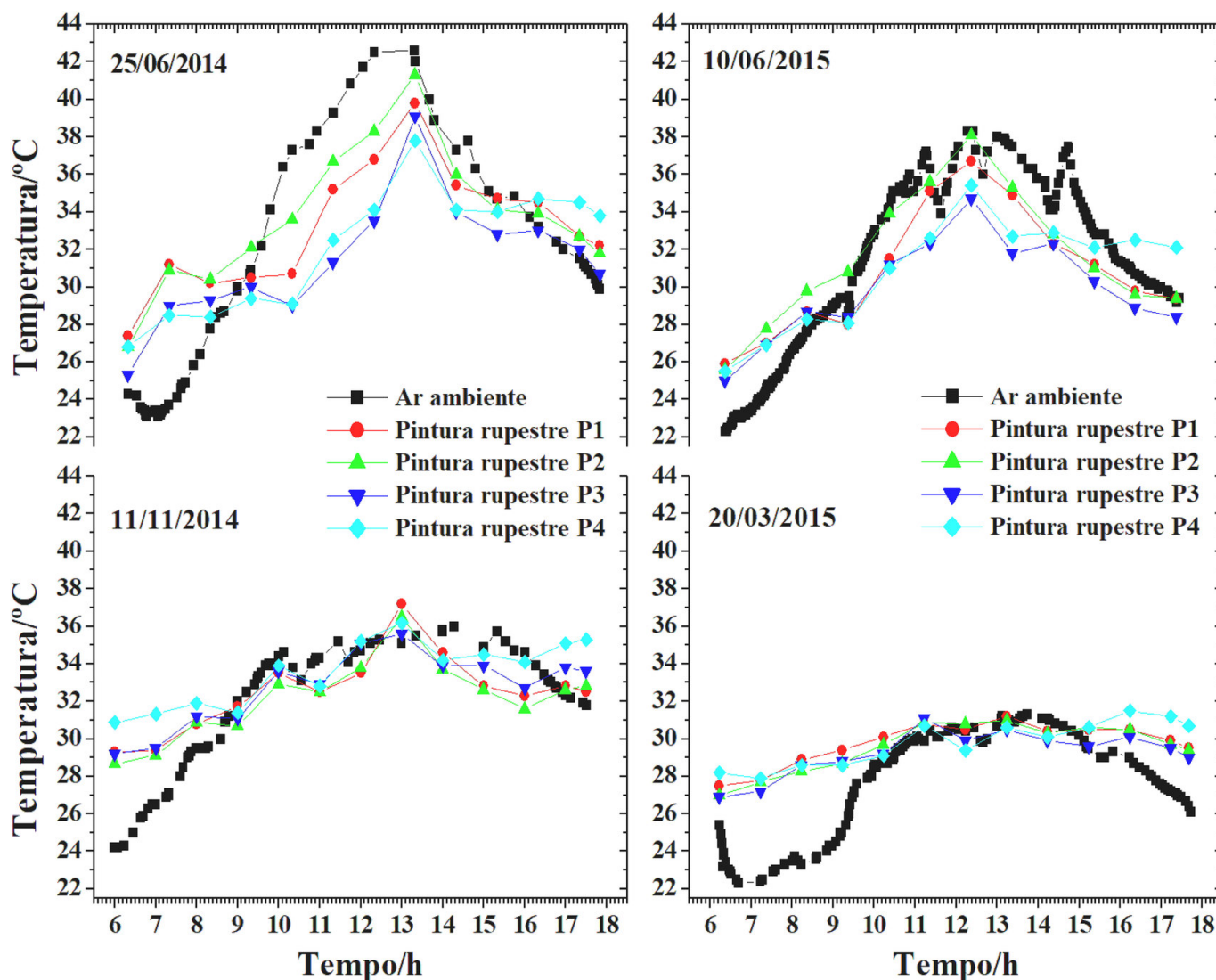


Figura 5. Temperatura do suporte rochoso em quatro pontos (P1, P2, P3 e P4) com pinturas rupestres do sítio Caminho da Caiçara II, em comparação com a temperatura do ar ambiente, em junho e novembro de 2014 e em março e junho de 2015.

Conforme mencionado, as condições ambientais em junho de 2014 apresentaram-se criticamente mais agressivas do que em junho de 2015. Em junho de 2014, foi detectada uma umidade mínima de 22%, quando a temperatura do ar atingiu um pico de 42,6 °C por volta das 13 horas. Essa umidade é 11% abaixo do valor mínimo verificado em junho de 2015, 33% próximo ao meio-dia, para uma temperatura 4,3 °C mais baixa do que a máxima verificada em 2014.

Em novembro, diferentemente do que foi observado nos meses de março e junho, mesmo no fim da tarde a umidade relativa do ar se mantém muito baixa, não ultrapassando os 36%, diante de uma temperatura de 31,8 °C próxima das 18 horas.

Os resultados do monitoramento da temperatura em áreas com e sem pinturas rupestres nos pontos P1, P2,

P3 e P4 do suporte rochoso do sítio Caminho da Caiçara II são mostrados na Figura 4. De modo geral, não foram verificadas diferenças significativas de temperatura entre áreas pintadas e sem tinta pré-histórica.

Visto que não há diferenças significativas da temperatura atuante na rocha em áreas com e sem pinturas rupestres, é mais informativo analisar as curvas da temperatura atuante somente nas pinturas rupestres nos quatro pontos que foram avaliados, em comparação com a curva das temperaturas atuantes no ar ambiente, em cada período de monitoramento *in situ* (Figura 5).

Considerando o conjunto geral de dados dos quatro períodos de monitoramento, observa-se que a temperatura do ar é mais baixa do que a temperatura atuante nos filmes pictóricos das pinturas rupestres nos pontos P1, P2, P3 e P4 tanto no início da manhã quanto no

Tabela 2. Temperatura mínima e máxima observada em quatro pontos (P1, P2, P3 e P4) com pinturas rupestres do sítio Caminho da Caiçara II, em junho e novembro de 2014 e em março e junho de 2015, e as amplitudes térmicas correspondentes a cada período de monitoramento.

Data	Temperatura em P1/°C	Horário	Temperatura em P2/°C	Horário	Temperatura em P3/°C	Horário	Temperatura em P4/°C	Horário
25/06/2014	27,4	06:19	26,8	06:19	25,3	06:19	26,8	06:19
	39,8	13:19	41,3	13:19	39,1	13:19	37,8	13:19
Amplitude/°C	12,4		14,5		13,8		11,0	
11/11/2014	29,3	06:00	28,7	06:00	29,2	06:00	30,9	06:00
	37,2	13:00	36,5	13:00	35,6	13:00	36,2	13,00
Amplitude/°C	7,9		7,8		6,4		5,3	
20/03/2015	27,5	06:14	27,0	06:14	26,9	06:14	27,9	07:14
	31,2	13:14	31,0	13:14	31,1	11:14	31,5	16:14
Amplitude/°C	3,7		4,0		4,2		3,6	
10/06/2015	25,9	06:22	25,6	06:22	25,0	06:22	25,5	06:22
	36,7	12:22	38,1	12:22	34,7	12:22	35,4	12:22
Amplitude/°C	10,8		12,5		9,7		9,9	
Amplitude global/°C	13,9		15,7		14,1		12,3	

fim da tarde e que, eventualmente, nas horas mais quentes do dia, o ar pode apresentar-se mais aquecido do que os filmes pictóricos das pinturas, a exemplo do que foi verificado em junho de 2014 e em junho de 2015 quando a discrepância apresentou-se mais acentuada.

Observando-se em uma mesma escala de intensidade, verifica-se também que tanto o ar ambiente quanto os filmes pictóricos apresentam temperaturas mais baixas e uniformes no mês de março e temperaturas mais elevadas e discrepantes no mês de junho.

O exame dos dados sumarizados nas Tabelas 1 e 2 revela claramente que a amplitude térmica do ar é criticamente mais elevada do que a amplitude correspondente nos filmes pictóricos das pinturas rupestres dos quatro pontos investigados, aumento certamente causado pela influência das correntes de ar atuantes e pelo teor de água variável disponível no ar atmosférico.

Na Tabela 2 também se observa que a amplitude térmica do ponto P4 é em geral mais baixa do que nos pontos P1, P2 e P3, o que se explica pelo fato que o ponto P4 está localizado em um bloco rochoso isolado e a pintura rupestre nele monitorada fica permanentemente protegida da incidência solar direta, diferentemente das pinturas dos pontos P1, P2 e P3 que estão localizadas no paredão arenítico vertical e são atingidas pela radiação solar direta durante o ano inteiro e em longos momentos do dia.

Conforme pode ser observado nas Figuras 6 e 7, os ventos são mais frequentes e intensos no mês de novembro, tendo sido detectadas rajadas com velocidade máxima de $4,9 \text{ m s}^{-1}$, equivalente a $17,64 \text{ km h}^{-1}$.

Em junho os ventos são pouco frequentes e intensos, mostrando-se ausentes durante a maior parte do tempo de monitoramento. A velocidade máxima verificada em junho não ultrapassou $2,5 \text{ m s}^{-1}$, equivalente a $9,00 \text{ km h}^{-1}$.

Em 20 de março de 2015, quando foi realizado o monitoramento dos parâmetros ambientais no auge do período chuvoso, não foram detectadas movimentações de correntes de ar. Contudo, em um monitoramento prévio em 19 de março (Figura 7), no intervalo entre as 11 e as 18 horas, foram verificadas algumas rajadas de vento em um curto período de tempo, no intervalo entre $\sim 11 \text{ h } 30 \text{ min}$ e $\sim 13 \text{ h } 50 \text{ min}$, tendo sido aferida uma velocidade máxima de $3,9 \text{ m s}^{-1}$, equivalente a $14,04 \text{ km h}^{-1}$.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Para melhor compreender os efeitos danosos da temperatura nos filmes pictóricos das pinturas rupestres do sítio Caminho da Caiçara II, a Tabela 3 mostra a amplitude térmica do ar e em diferentes pontos com pin-

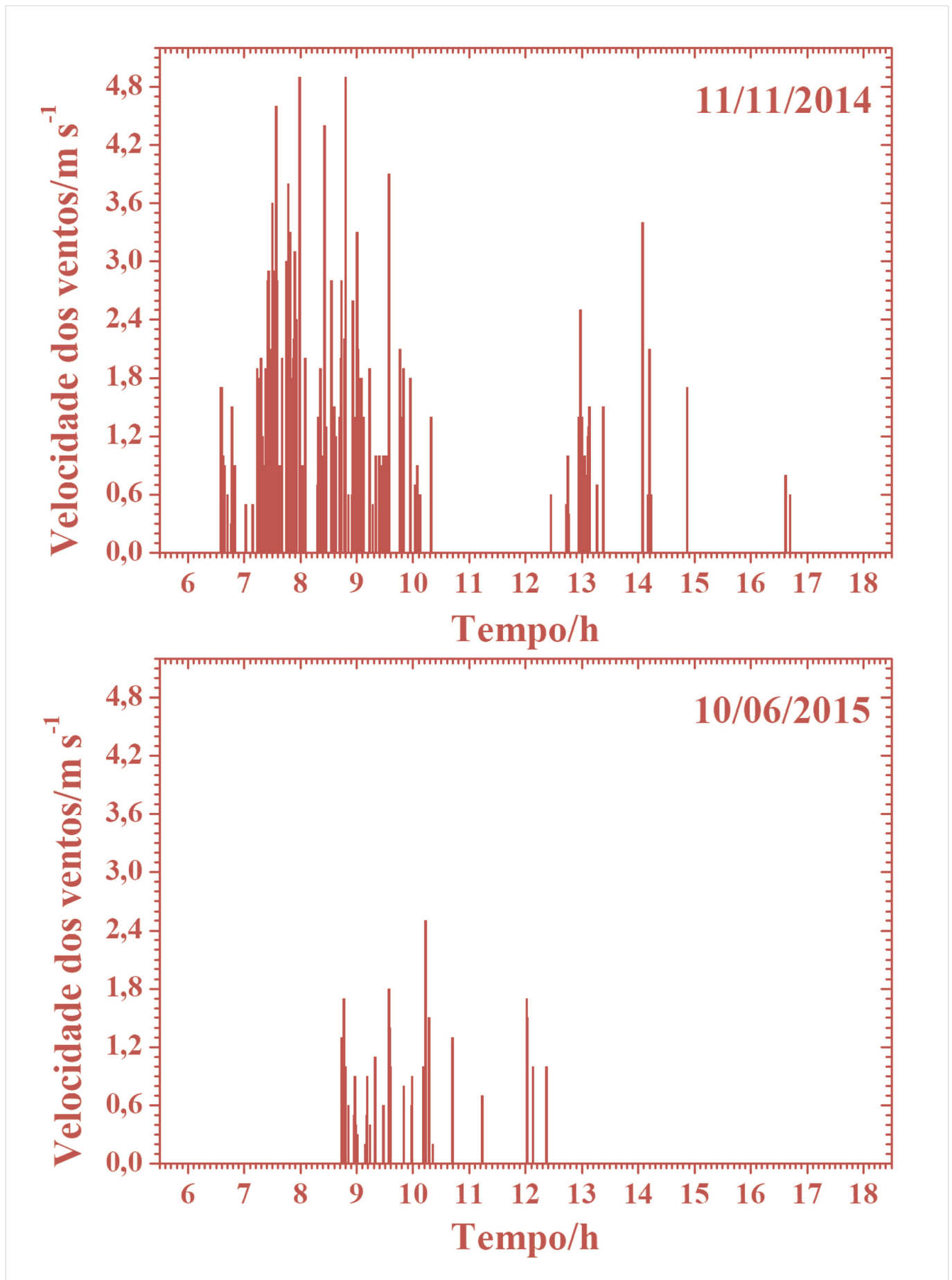


Figura 6. Velocidade dos ventos incidentes no sítio Caminho da Caiçara II, em novembro de 2014 e em junho de 2015.

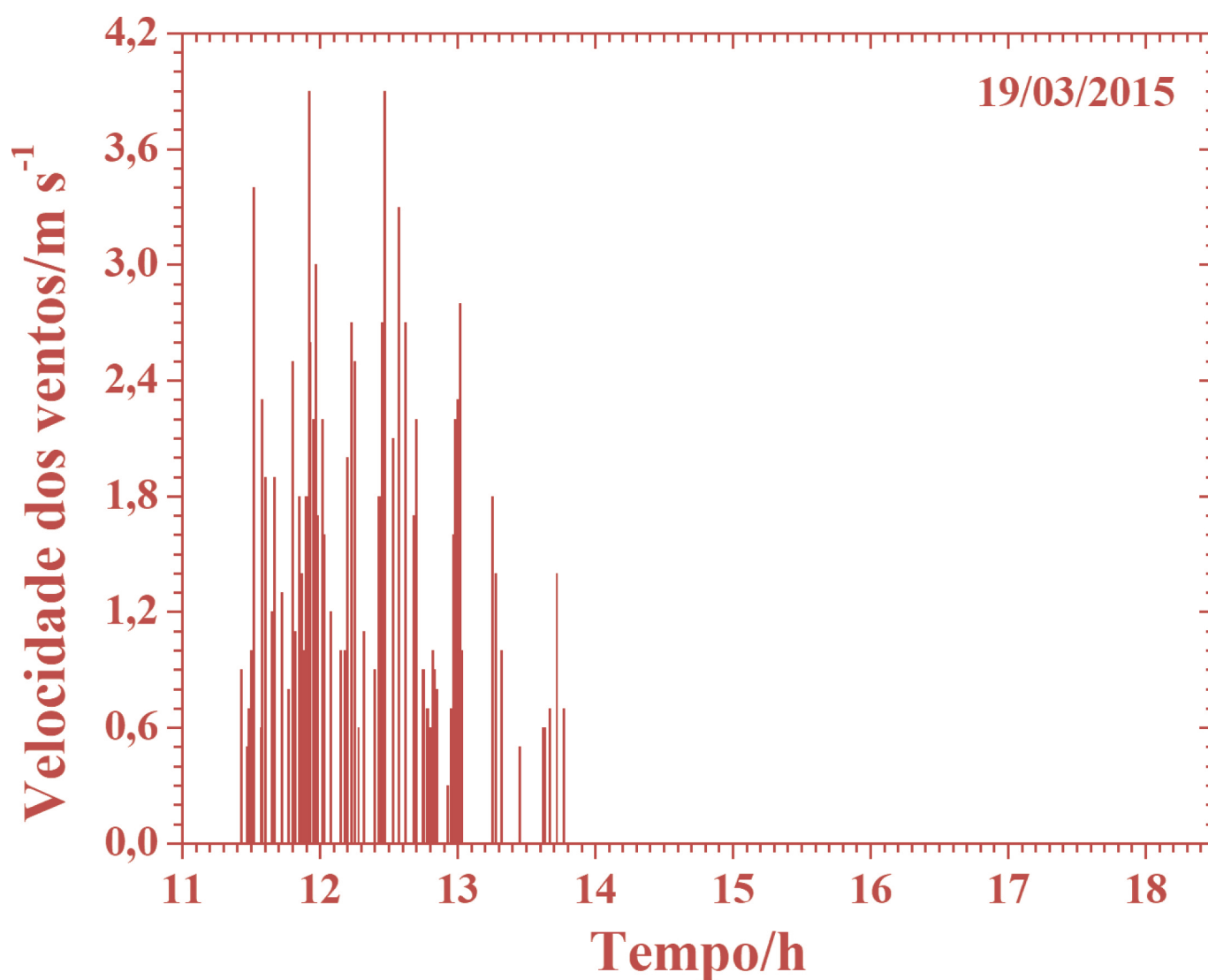


Figura 7. Velocidade dos ventos incidentes no sítio Caminho da Caiçara II, em março de 2015.

turas rupestres nos sítios arqueológicos Letreiro da Pedra Riscada (Cavalcante *et al.* 2015) e Pedra do Cantagalo I (Cavalcante *et al.* 2017), que estão geograficamente próximos do sítio Caminho da Caiçara II: em linha reta o Pedra do Cantagalo I dista aproximadamente 1,3 km, enquanto o Letreiro da Pedra Riscada está a aproximadamente 35,4 km.

Observa-se que a amplitude térmica tanto do ar ambiente quanto dos filmes pictóricos de pinturas rupestres em diferentes pontos do sítio Caminho da Caiçara II é criticamente mais elevada do que a amplitude correspondente verificada nos sítios Pedra do Cantagalo I e Letreiro da Pedra Riscada. No mês de junho, a amplitude térmica do ar no sítio Caminho da Caiçara II é de 16,0 a 19,5 °C, enquanto no sítio Pedra do Cantagalo I varia de 3,8 a 7,3 °C e no sítio Letreiro da Pedra Riscada varia de 4,6 a 5,3 °C. Em novembro, o ar ambiente apresenta amplitude térmica de 11,8 °C

no Caminho da Caiçara II e 5,4 °C no Letreiro da Pedra Riscada.

No mês de junho, a amplitude térmica dos filmes pictóricos das pinturas rupestres do sítio Caminho da Caiçara II varia de 9,7 a 14,5 °C, enquanto na Pedra do Cantagalo I é de 4,2 a 6,2 °C e no Letreiro da Pedra Riscada é de 2,6 a 7,3 °C. Em novembro, a amplitude térmica dos filmes pictóricos do Caminho da Caiçara II é de 5,3 a 7,9 °C, enquanto no Letreiro da Pedra Riscada varia de 3,4 a 3,5 °C.

Essa diferença expressiva nos valores de amplitude térmica encontrada nos filmes pictóricos dos sítios arqueológicos em questão é atribuída ao fato que as pinturas rupestres do Caminho da Caiçara II estão dispostas em paredão rochoso vertical, portanto, mais expostas às condições ambientais do que as pinturas rupestres dos sítios Pedra do Cantagalo I e Letreiro da Pedra Riscada, dispostas em abrigo sob-rocha.

Tabela 3. Comparativo da amplitude da temperatura do ar e em diferentes pontos com pinturas rupestres dos sítios arqueológicos Letreiro da Pedra Riscada, Pedra do Cantagalo I e Caminho da Caiçara II, e amplitude da umidade relativa do ar nos respectivos períodos de monitoramento.

Sítio arqueológico	Data	Amplitude					
		Temperatura do ar/°C	Umidade relativa do ar/%	Temperatura em pontos com pinturas rupestres/°C			
				P1	P2	P3	P4
Letreiro da Pedra Riscada (Cavalcante <i>et al.</i> 2015)	13/11/2011	5,4	23	3,4	3,5		
	15/06/2012	5,3	37	6,7	7,3		
	14/10/2012	7,5	30	5,9	6,1	6,9	
	27/12/2012	9,8	43	6,7	7,1	8,1	
	22/06/2013	4,6	14	2,6	3,0	3,5	
	Global	11,9	62	8,6	9,8	10,8	
Pedra do Cantagalo I (Cavalcante <i>et al.</i> 2017)	Junho 2012	3,8	35	5,7	6,2		
	13/10/2012	9,8	28	8,4	7,6		
	28/12/2012	11,2	49	5,7	6,4		
	05/04/2013	6,1	12	3,0	3,0		
	Junho 2013	7,3	26	4,2	4,6		
	Global	13,6	66	10,3	9,6		
Caminho da Caiçara II	25/06/2014	19,5	57	12,4	14,5	13,8	11,0
	11/11/2014	11,8	37	7,9	7,8	6,4	5,3
	20/03/2015	9,0	26	3,7	4,0	4,2	3,6
	10/06/2015	16,0	38	10,8	12,5	9,7	9,9
	Global	20,3	59	13,9	15,7	14,1	12,3

No Caminho da Caiçara II as pinturas recebem incidência solar direta durante a maior parte do dia e praticante durante todo o ano, diferentemente das pinturas rupestres do Pedra do Cantagalo I e do Letreiro da Pedra Riscada, onde o inverso é observado, com raríssimas exceções. No sítio Caminho da Caiçara II, além das pinturas estarem em um paredão arenítico vertical, a vegetação frontal é muito rarefeita e essencialmente arbustiva e herbácea.

Como já reportado, elevadas amplitudes térmicas geram tensões nos minerais constituintes dos filmes pictóricos das pinturas rupestres e isso leva ao surgimento de fissuras nas camadas de tintas antigas, favorecendo a deterioração desses vestígios arqueológicos (Hall *et al.* 2007).

Hall e colaboradores (2007) colocam que as temperaturas dos filmes pictóricos das pinturas rupestres resultam do balanço energético e das propriedades térmicas dos minerais constituintes, com a entrada de calor nas camadas de tintas tendo origem principalmente na incidência direta da radiação solar. Segundo esses autores, a quantidade de radiação solar absorvida depende da fração refletida de tal radiação pela superfície das camadas de tinta das pinturas. O acúmulo de calor nos filmes pictóricos resulta em uma mudança de temperatura – e a quantidade dessa mudança de temperatura depende da capacidade térmica dos minerais constituintes das camadas de tinta, bem como da espessura de cada camada (Hall *et al.* 2007), ou seja, a variação de temperatura na camada de tinta depende da presença,

ou não, de radiação solar diretamente incidente e do momento e duração dessa radiação em uma pintura rupestre.

Ao contrário do que foi observado por Hall *et al.* (2007), no sítio Caminho da Caiçara II não foram verificadas diferenças significativas da temperatura nos filmes pictóricos e em áreas adjacentes sem pinturas rupestres.

Hoerlé (2006) observou que a temperatura apresenta um gradiente conforme se aprofunda no suporte rochoso de pinturas rupestres, diminuindo paulatinamente, à medida que se distancia da superfície em direção ao interior da rocha. Disso se depreende que a ação térmica é mais severa e destrutiva nas camadas mais superficiais dos filmes pictóricos das pinturas.

Em discordância com o que relatam Hall *et al.* (2010), no sítio Caminho da Caiçara II as pinturas rupestres não se mostraram mais quentes do que a rocha-suporte, conforme se observa na Figura 4.

CONCLUSÃO

O monitoramento sistemático *in situ* de parâmetros ambientais no sítio arqueológico Caminho da Caiçara II foi realizado nos meses de junho, novembro e março, possibilitando traçar um perfil confiável e consistente da temperatura e umidade relativa do ar, da temperatura em diferentes pontos da rocha com pinturas rupestres e em pontos adjacentes sem a ocorrência de tinta, além da velocidade dos ventos no entorno.

Os resultados experimentais obtidos indicam que a ação térmica nos filmes pictóricos das pinturas rupestres do sítio Caminho da Caiçara II é nitidamente mais intensa do que a ação térmica nos filmes pictóricos de pinturas rupestres de outros sítios arqueológicos próximos.

A incidência solar direta nas pinturas rupestres durante a maior parte do dia e do ano é o principal agente responsável pelo aquecimento elevado dos filmes pictóricos.

Agradecimentos

Os autores são gratos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade em pesquisa concedida a L. C. D. Cavalcante (Processo 315709/2020-0) e à Universidade Federal do Piauí (UFPI) pelo apoio com o transporte ao campo.

REFERÊNCIAS

- CAVALCANTE, L. C. D. 2015a. Pinturas rupestres da região arqueológica de Piripiri, Piauí, Brasil. *Arqueologia Iberoamericana* 26: 6-12.
- CAVALCANTE, L. C. D. 2015b. Arqueometria em sítios de arte rupestre da região arqueológica de Piripiri, Piauí, Brasil. *Cadernos do CEOM* 28/43: 7-19.
- CAVALCANTE, L. C. D. 2016. Sítios arqueológicos do vale do Buriti dos Cavalos: uma breve revisão. *Arqueologia Iberoamericana* 30: 16-22.
- CAVALCANTE, L. C. D. 2018. Arqueometria e o sítio arqueológico Pedra do Cantagalo I: uma estratégia de investigação como modelo para a América do Sul. *Cadernos do LEPAARQ* 15/30: 315-326.
- CAVALCANTE, L. C. D.; Y. R. V. ALVES; H. K. S. B. SILVA. 2017. Avaliação *in situ* dos problemas de conservação do sítio arqueológico Pedra do Cantagalo I. *Rupestreweb*. <<https://www.rupestreweb.info/cantagalo.html>>.
- CAVALCANTE, L. C. D.; A. A. RODRIGUES. 2020. Arte rupestre e problemas de conservação do sítio arqueológico Caminho da Caiçara II. *Arqueologia Iberoamericana* 45: 93-100.
- CAVALCANTE, L. C. D.; A. A. RODRIGUES; E. N. L. COSTA; H. K. S. B. SILVA; P. R. A. RODRIGUES; P. F. OLIVEIRA; Y. R. V. ALVES; J. D. FABRIS. 2014. Pedra do Cantagalo I: uma síntese das pesquisas arqueológicas. *Arqueologia Iberoamericana* 23: 45-60.
- CAVALCANTE, L. C. D.; H. K. S. B. SILVA; Y. R. V. ALVES. 2015. Medidas experimentais *in situ* para avaliar o estado de conservação do sítio arqueológico Letreiro da Pedra Riscada, Domingos Mourão, Piauí, Brasil. *Rupestreweb*. <<https://www.rupestreweb.info/letreiropedrariscada.html>>.
- HALL, K.; I. MEIKLEJOHN; J. AROCENA. 2007. The thermal responses of rock art pigments: Implications for rock art weathering in southern Africa. *Geomorphology* 91/1-2: 132-145.
- HALL, K.; I. MEIKLEJOHN; P. SUMNER; J. AROCENA. 2010. Light penetration into Clarens sandstone and implications for deterioration of San rock art. *Geoarchaeology* 25/1: 122-136.
- HOERLÉ, S. 2006. Rock temperatures as an indicator of weathering processes affecting rock art. *Earth Surface Processes and Landforms* 31/3: 383-389.
- MAGALHÃES, S. M. C.; E. L. S. SILVA; H. K. S. B. SILVA; L. C. D. CAVALCANTE. 2019. Tamboril: levantamento arqueológico, parâmetros ambientais e primeiros dados arqueométricos. In *A produção do conhecimento nas Ciências Humanas* 3, pp. 65-80. Ponta Grossa: Atena Editora.