

APLICACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN MODELO DE PREDICCIÓN DE CONSUMO DE AGUA EN OVINOS DE PELO

APPLICATION AND EVALUATION OF A PREDICTION MODEL OF WATER CONSUMPTION IN HAIR SHEEP

PATIÑO P. RENÉ^{1*}, DA SILVA FILHO, JOSÉ², VITTI SILVER SCHMIDT. DORINHA³, SOARES DA SILVA, TANIMARA³

¹ Profesor Universidad de Sucre, Colombia, Grupo de Investigación en Biodiversidad Tropical. ² Profesor Univesidade Federal de Lavras, Brasil. ³ Centro de Energia Nuclear na Agricultura-CENA, Universidade de São Paulo, Brasil.

*Correspondencia: rene.patino@unisucre.edu.co

Recibido: 07-02-2010; Aceptado: 07-03-2010

Resumen

Una base de 36 datos proveniente de una investigación con fósforo en ovinos fue utilizada con el objetivo aplicar y evaluar un modelo matemático de predicción de ingestión de agua en ovinos. El modelo lineal aplicado usó el dato de consumo de materia seca para cuantificar el consumo de agua. Los datos correspondieron a dos épocas, por tanto se usó ese factor como fuente de variación. El consumo de materia seca fue superior en la época más fría ($P < 0.05$). El consumo de agua fue diferente ($P < 0.05$) entre épocas, con valores de $147 \text{ ml/kgPV}^{0.75}$ y $203 \text{ ml/kgPV}^{0.75}$, en las épocas fría y cálida, respectivamente. El consumo de agua calculado y observado agrupando las dos épocas no varió ($P > 0.05$), sin embargo, los valores no se correlacionaron ($P > 0.05$), contrario a lo sucedido al analizar los datos de cada época por separado, donde se encontró correlación significativa ($P < 0.05$). Las ecuaciones que representaron la relación entre materia seca consumida (CMS) y agua consumida fueron: Consumo de agua = $2.313 \cdot \text{CMS} - 0.155$ y Consumo de agua = $5.348 \cdot \text{CMS} - 1.106$, en las épocas fría y cálida, respectivamente. Los valores de consumos observado y calculado de agua variaron entre época ($P < 0.05$). El modelo estudiado puede utilizarse como una herramienta práctica para predecir la ingestión de agua y trazar planes del manejo del líquido en la producción de ovinos. Sin embargo, modelos más completos, que consideren un mayor número de variables, podrían predecir de manera más precisa la ingestión real de agua.

Palabras clave: agua, ingestión, modelos, rumiantes

Abstract

Thirty six base data from research with phosphorus in sheep was used with the aim of implement and evaluate a mathematical model to predict on. Dry matter

intake was higher in the coldest time ($P < 0.05$). Water consumption was different ($P < 0.05$) between seasons, with values of 147 ml/kgLW^{0.75} and 203 ml/kgLW^{0.75} in cold and warm periods, respectively. When the data of calculated and observed water consumption of two seasons were combining, the values did not differ ($P > 0.05$), however values were not correlated ($P > 0.05$), contrary when the data of each season were analyzed separately, where correlation was found significant ($P < 0.05$). The equations representing the relationship between dry matter intake (DMI) and water consumption were: Water intake = $2313 \cdot \text{DMI} - 0155$ and Water intake = $5.348 \cdot \text{DMI} - 1.106$, in cold and warm periods, respectively. The observed and estimated water consumption values varied among seasons ($P < 0.05$). The model studied can be used as a practical tool to predict water consumption and make plans for the management of the liquid in the sheep production. However, more complete models that consider a larger number of variables could predict more accurately the actual ingestion of water.

Key words: water, ingestion, models, ruminant

Introducción

El agua es un nutriente esencial para la vida. En los mamíferos, entre el 50 y el 81% de la masa corporal corresponde a agua. El agua es un medio para diversas reacciones químicas y metabólicas a nivel celular, y además cumple importantes funciones en los procesos de termorregulación (NRC, 2007).

En los procesos de producción animal, el agua es uno de los puntos más críticos del sistema, porque, además de la disponibilidad, debe asegurarse la calidad fisicoquímica y microbiológica, para evitar problemas sobre la salud y el desempeño animal (YAPE KII y DRIDEN, 2005). En el caso de los rumiantes, que en las regiones tropicales se manejan principalmente en condiciones de pastoreo, el factor agua es un problema permanente. Las condiciones de clima pueden ocasionar problemas de desbalances estacionales y de calidad higiénica, por el propio manejo dado al líquido.

El uso de métodos que permitan predecir con cierto grado de seguridad el consumo de agua de un animal puede convertirse en una herramienta importante en el manejo y proyección de sistemas de producción de rumiantes. FORBES (1968) presentó un modelo matemático (lineal) empírico de predicción de ingestión de agua en función del consumo de materia seca. Posteriormente, el NRC (1985) y el NRC (2007) decidieron elegir esa ecuación de predicción cuando se conoce la ingestión de materia seca. A pesar de que el balance hídrico del organismo es

afectado por otros aspectos como la temperatura ambiente, la fase fisiológica del animal, las exigencias de energía y proteína, entre otros (CSIRO, 2007), el modelo considerado por el NRC (2007) es todavía utilizado, y podría ser un método práctico de predicción en ovinos en la etapa de crecimiento.

De otra parte LUKE (1987), citado por el CSIRO (2007), presentó un modelo de predicción de ingestión de agua en función de la temperatura ambiente, que resultaría en la práctica una herramienta más simple de uso, por su simplicidad. OSTROWSKI *et al.* (2002), presentó también una ecuación de predicción del consumo de agua basada en el peso vivo del animal, lo cual podría ser también fácilmente aplicable, por la facilidad para conocer el dato del peso vivo de un ovino.

Considerando la necesidad de cuantificar la ingestión de agua, para poder proyectar el manejo de este recurso en la producción ovina, se planteó como objetivo de este trabajo comparar datos de consumo de agua observado y calculado mediante la aplicación de modelos matemáticos en ovinos de pelo en etapa de crecimiento, analizando el ajuste de los modelos.

Materiales y métodos

El trabajo se llevó a cabo en el Centro de Energía Nuclear para la Agricultura de la Universidad de Sao Paulo-Brasil. Los datos utilizados correspondieron a un estudio realizado con la finalidad de evaluar el efecto del incremento en la ingestión de fósforo en ovinos de la raza Santa Inés con peso vivo de 33,6 kg ($\pm 1,6$). En ese estudio fueron evaluados cuatro tratamientos (niveles de suplementación con fósforo). Los datos utilizados en el presente estudio, que fueron en total 36, correspondieron a la ingestión de agua y alimento de los animales de uno de los cuatro tratamientos (sin suplementación de fósforo), durante cinco días consecutivos. Algunos datos fueron descartados por pérdidas accidentales de agua, prefiriendo no considerar esos datos para el análisis. Se decidió tomar, solamente, los datos del grupo de animales de uno de los tratamientos para tener una mayor homogeneidad del grupo. Para poder discutir sobre aspectos relacionados con la variación de la ingestión de agua y la temperatura ambiente, se analizaron datos correspondientes a dos épocas climáticas. La primera época con temperatura oscilando entre 12 y 19°C, mínima y máxima del día, respectivamente. En la otra época, la temperatura ambiente osciló entre 21°C la mínima y 33°C la máxima.

Los animales se alojaron, individualmente, en jaulas para estudio de metabolismo con comederos separados para heno y concentrado, bebedero y colectores de orina y heces.

La dieta que recibieron los animales (Tabla 1) estuvo conformada por heno de gramínea (*Cynodum dactylon* L. pers) y concentrado. El heno se dividió en dos raciones por día (8 y 17h) y el concentrado fue ofrecido en la mañana (8h). La cantidad de heno ofrecida fue calculada para permitir 10% de sobras. La cantidad diaria de concentrado ofrecido fue de 300 g/animal. La dieta fue formulada según las recomendaciones del NRC (2007) para animales en esa etapa de producción.

Tabla 1. Ingredientes y composición de la dieta

Ingredientes ¹	%
Heno de "Coast Cross"	71,6
Harina de yuca	18,8
Torta de soya	5,7
Melaza	1,2
Urea	1,7
Fosfato bicálcico	-
Mezcla mineral*	1,0
Composición ² , %	
NDT ³	57,1
Proteína bruta	11,9
Extracto etéreo	1,7
Materia mineral	7,2
FDN	59,3
FDA	32,6
P	0,16
Ca	0,35
Ca:P	2,2

¹En base húmeda, ²En base seca, ³NDT=91,023–0,572(FND%) (Capelle et al., 2001). *Composición: Cl, 219 mg/g; Na, 145 mg/g; S, 70 mg/g; Mg, 10 mg/g; Zn, 4,6 mg/g; Mn, 1,1 mg/g; Fe, 0,50 mg/g; Cu, 0,30 mg/g; I, 80 mg/kg; Co, 40 mg/kg; e Se, 15 mg/kg.

Se tomaron muestras de los alimentos ofrecidos para la determinación de materia seca, proteína bruta, cenizas, extracto etéreo y materia orgánica, usando los métodos propuestos por AOAC (1995). Las fracciones FDN y FDA fueron

determinadas según VAN SOEST y WINE (1967). El porcentaje de Ca y de P fue determinado usando los métodos de ZAGGATO *et al.* (1979), SARRUGE y HAAG (1974), respectivamente.

Para determinar el consumo diario de materia seca se consideró el porcentaje de esta fracción tanto en el heno como en el concentrado ofrecido. Posteriormente, considerando el dato del alimento sobrante, se procedió a la determinación de la ingestión diaria. Tanto, el alimento ofrecido como las sobras fueron secados en estufa de ventilación forzada a 60°C durante 48 horas. Al final, el resultado de ingestión total resultó de la sumatoria de la ingestión de heno y concentrado.

El agua, que se ofreció en un balde con capacidad de 6 litros, era colocada en las horas de la mañana y verificada al final de la tarde para asegurar disponibilidad permanente. Al día siguiente, antes de la oferta del alimento, la cantidad de agua sobrante era retirada y colocada en una probeta para su medición, y por diferencia era calculado el volumen desaparecido, que se consideró como el consumo de agua.

El modelo de predicción utilizado para calcular el consumo de agua fue el propuesto por FORBES (1968), utilizado por el NRC (1985) y NRC (2007), que considera el consumo de materia seca (CMS) como variable independiente:

$$\text{Consumo de agua (l/día)} = 3,86 * \text{CMS} - 0,99$$

La comparación de las medias de cada época para cada variable se realizó mediante una prueba t con significancia al nivel de 5%. De los 36 datos totales, 33 datos fueron evaluados, por pérdida de 3 datos en la época 1. Los 33 datos observados, correspondientes a la ingestión diaria de materia seca y de agua, durante las dos épocas climáticas fueron correlacionados con los datos calculados usando la ecuación de predicción. Considerando la ingestión de materia seca como variable independiente (X) y el consumo de agua como variable dependiente (Y), se realizó un análisis de regresión lineal para definir el modelo que representó la correlación entre las dos variables. Las medias absolutas del conjunto de datos (observados y calculados) fueron comparadas utilizando una prueba t. Para realizar las pruebas de correlación de Pearson, regresión lineal y comparación de medias se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 15 para Windows, con el cual fueron realizadas también las pruebas de normalidad de los datos de cada variable (Shapiro – Wilk) y la de homogeneidad de varianza (Levenne).

Resultados y discusión

En la Tabla 2 se pueden observar los valores medios del consumo observado y calculado de agua y de la ingestión de MS.

Tabla 2. Consumo de materia seca (CMS) y consumo de agua (CA) en ovinos en crecimiento

Variable	Media total ²	Época [*] 1	Época [*] 2	ESM ¹
CMS (kg/día)	0,868	0,969 ^a	0,745 ^b	0,026
CA calculado (l/día)	2,448 ^A	2,087 ^a	1,888 ^b	0,115
CA observado (l/día)	2,358 ^A	2,751 ^a	2,881 ^b	0,098

¹Error estándar de la media, ²Las letras mayúsculas en la columna corresponden a la comparación de medias del CA calculado con el CA observado, utilizando la prueba t a 5%, letras diferentes consideran diferencia significativa ($P < 0.05$). ^{*} Letras diferentes en las filas (Época 1 y 2) difieren estadísticamente según la prueba t a 5%.

El consumo de materia seca varió ($P < 0.05$) entre las dos épocas. El mayor consumo se observó durante la época 1 (menor temperatura). En rumiantes, cuando la temperatura ambiente supera 26°C , la ingestión de materia seca puede verse afectada (FORBES, 2007). Se resalta en este sentido, que el objetivo del estudio fue evaluar la aplicación del modelo de predicción de consumo de agua considerando los datos de consumo de materia seca, por ese motivo, el posible efecto del factor día de observación, no se consideró al realizar el análisis estadístico de los datos.

Al aplicar la ecuación de predicción de agua (Consumo de agua (l/día) = $3,86 \cdot \text{CMS} - 0,99$), propuesta por FORBES (1968), se observó diferencia ($P < 0,05$) entre las épocas estudiadas, que también se evidenció al considerar los datos de ingestión de agua observada. Sin embargo, al comparar los consumos de agua calculado y observado de las dos épocas no se evidenció diferencia significativa ($P > 0,05$) entre los valores. El consumo de agua observado (2.358 l/día) y el calculado (2.448) variaron solamente 3,8%. A partir del último resultado se podría afirmar que la ecuación de predicción se aproxima de manera muy precisa a la ingestión de agua real. Por lo tanto, en la práctica podría ser una herramienta importante de manejo alimenticio en relación a la oferta de agua.

Pero al analizar el conjunto de datos de las dos épocas, no se observó correlación ($P > 0,05$) entre los valores de materia seca ingerida y el consumo de agua observado, indicando que la ecuación de FORBES (1968) no se ajustó de la misma manera durante las dos épocas. Al realizar el análisis por separado, considerando cada época de forma independiente, la situación cambió, ya que durante las dos épocas se correlacionaron los valores de ingestión de materia seca y de agua. En la época 1 (menor temperatura), la correlación fue 0,487

($P=0,040$) y durante la época 2 (mayor temperatura) la correlación (0,801) entre ingestión de materia seca y agua fue superior ($P<0,001$), ajustándose mucho mejor la ecuación de predicción.

La correlación entre las variables consumo de materia seca (CMS) y consumo de agua (Figs. 1 y 2), en la época 1, fue representada por la ecuación (Consumo de agua = $2.313 \cdot \text{CMS} - 0.155$; $R^2=0,24$; $P=0,040$). La ecuación que representó la relación entre estas variables durante la época 2 (mayor temperatura) fue: Consumo de agua = $5.348 \cdot \text{CMS} - 1.106$ ($R^2=0.64$; $P<0,001$). Al agrupar los datos de las dos épocas no se observó el efecto lineal ($P<0,05$).

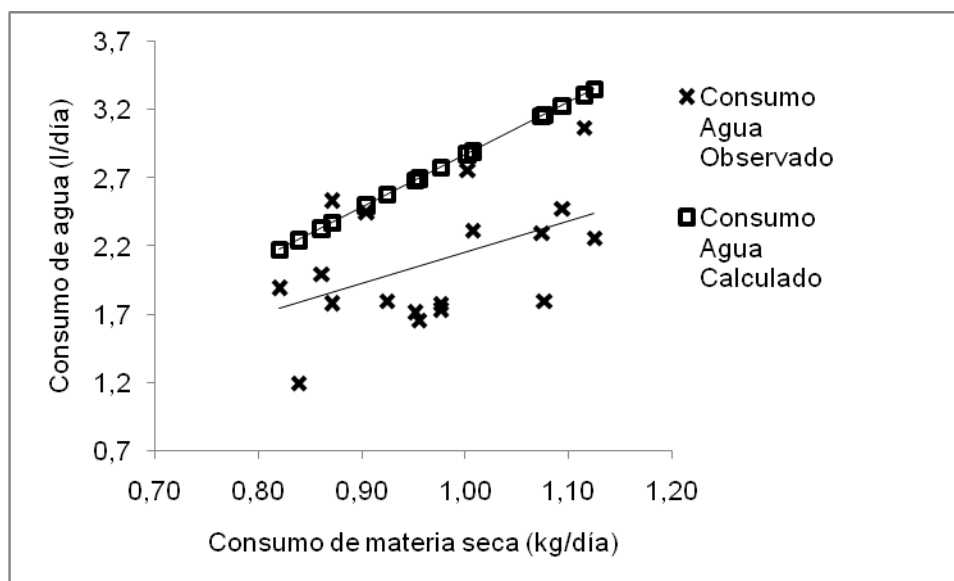


Figura 1. Relación lineal entre el consumo de materia seca (CMS) y el consumo de agua observado y calculado (Consumo de agua (l/día) = $3,86 \cdot \text{CMS} - 0,99$) durante la época 1 (12 a 19°C). La ecuación (Consumo de agua = $2.313 \cdot \text{CMS} - 0,155$; $R^2=0,24$; $P=0,040$) representó el consumo de agua observado en función del CMS

La ingestión de materia seca es uno de los factores mas usados para determinar el uso relativo del agua en ovinos y en general en rumiantes. Además de la ingestión de materia seca, otros factores como peso vivo, temperatura ambiente, consumo de energía, entre otros, son usados como base para predecir la ingestión de MS. Cuando se usa el peso vivo como factor, el NRC (2007) presentó la

ecuación: Consumo de agua (l/día) = $0,127 \times PV^{0,926}$, originalmente presentada por OSTROWSKI *et al.* (2002). Aplicando dicha ecuación, el consumo de agua, considerando los pesos de los animales de las dos épocas, sería en promedio 3.356 l/día. La ecuación de predicción anterior no se analizó como se hizo con la de FORBES (1968), por no tener la variación de peso durante los días de evaluación de ingestión de materia seca. El valor obtenido (3.356 l/día) está mucho menos ajustado que el obtenido considerando consumo de materia seca (2.358 l/día).

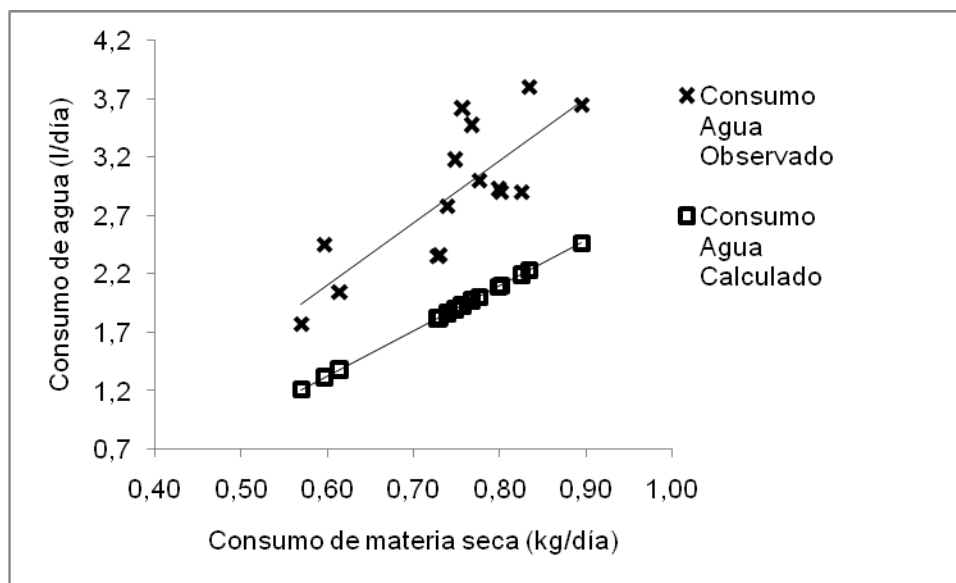


Figura 2. Relación lineal entre el consumo de materia seca (CMS) y el consumo de agua observado y calculado (Consumo de agua (l/día) = $3,86 \cdot \text{CMS} - 0,99$) durante la época 2 (21 a 33°C). La ecuación (Consumo de agua = $5,348 \cdot \text{CMS} - 1,106$; $R^2=0,64$; $P<0,001$) representó el consumo de agua observado en función del CMS

Otro de los factores usados para la predicción de la ingestión de agua es la temperatura ambiente. El CSIRO (2007) propone el modelo de LUKE (1987) para predecir la ingestión de agua: Consumo de agua (l/día) = $0,1911 \times t - 2,882$, donde t corresponde a la temperatura ambiente. Usando el modelo anterior con los datos del presente estudio, el consumo calculado fue de 2.277 l/día, valor más próximo al valor observado (2.448 l/día), lo que significó un mayor ajuste de este modelo en relación al propuesto por OSTROWSKI *et al.* (2002).

El NRC (1996) presentó un modelo de predicción, propuesto por HICKS *et al.* (1988), de consumo de agua, que consideró en el mismo modelo factores como la temperatura máxima, ingestión de materia seca, la precipitación diaria y la concentración de sal en la dieta. Este modelo, al considerar mayor número de fuentes de variación podría presentar un mejor ajuste, que los modelos mencionados y analizados en este estudio. Por no tener todos los datos necesarios no se aplicaron estos modelos más complejos.

Es importante anotar que los resultados obtenidos en este estudio, correspondieron a animales alimentados con raciones secas, sin embargo, al final la relación se hace considerando la materia seca ingerida, y no la cantidad de alimento consumido. SEKINE *et al.* (1980) confirmaron la relación entre el tipo de alimento ingerido y el consumo de agua en terneros.

El consumo diario de agua según el peso del animal durante la época 1 (menor temperatura) fue en promedio de 60,8 ml/kgPV (147 ml/kgPV^{0,75}), y durante la época 2 (mayor temperatura) el valor promedio fue de 83.9 ml/kgPV (203 ml/kgPV^{0,75}). Debido a que pocos estudios han determinado el consumo de agua en ovinos de pelo, resulta interesante observar que los consumos que presentaron los animales usados en el presente estudio están próximos a los encontrados por FERREIRA *et al.* (2002) en caprinos de la raza Boer alimentados con dietas de baja humedad. Esta raza de cabras es considerada una de las razas de menor ingestión de agua. Los autores encontraron consumos medios de agua en estos animales de 171 ml/kgPV^{0,75}, valor intermedio al observado en este estudio, al considerar los valores observados en cada época. En el mismo trabajo FERREIRA *et al.* (2002) encontraron consumos diarios de agua de 302 ml/kgPV^{0,75} en ovinos de la raza South African Mutton merino. Esto nos indica que los ovinos de pelo pueden realizar consumos de agua inferiores a las razas lanadas, factor importante a considerar, puesto que los ovinos de pelo son ampliamente utilizados en zonas tropicales cálidas.

Las ecuaciones de predicción de consumo de agua analizadas fueron presentadas por importantes comités de exigencias nutricionales, por lo tanto se constituyen en herramientas de manejo importantes y que pueden ser usadas.

A pesar de que varios factores han sido identificados como determinantes de la ingestión de agua en rumiantes, si se conoce la ingestión de materia seca se puede predecir de manera aproximada la ingestión de agua. El modelo estudiado que predice el consumo de agua en función de la ingestión de materia seca, puede utilizarse como una herramienta práctica para poder predecir la ingestión de

agua y trazar planes del manejo del líquido en la producción de ovinos. Sin embargo, modelos más completos, que consideren un mayor número de variables, podrían predecir de manera más precisa la ingestión real de agua.

Referencias

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. 1995. *Official methods of analysis*. 16^{ed}. AOAC International, Arlington. 1025p.

CSIRO. 2007. *Nutrient Requirements of domesticates ruminants*. CSIRO Publishing, Australia. 270p.

FERREIRA, A.V.; HOFFMAN, L.C.; SCHOEMAN, S.J.; SHERIDAN, R. 2002. Water intake of Boer goats and Mutton merinos receiving either a low or high energy feedlot diet. *Small Ruminant Research* 43(3):245-248.

FORBES, J.M. 1968. The water intake of ewes. *British Journal of Nutrition*, (22):33-43.

FORBES, J.M. 2007. *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. 2nd Edition. CABI Publishing, London. 449p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 1985. *Nutrient requirements of sheep*. 6.ed. National Academic of Sciences, Washington. 72p.

National Research Council - NRC. 1996. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 7th Ed. National Academies Press, Washington. 248p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 2007. *Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids*. National Academic, Washington, 362p.

OSTROWSKI, S.; WILLIAMS, J.B.; BEDIN, E.; ISMAIL, K. 2002. Water influx and food consumption of free-living oryxes (*Orix leucorix*) in the Arabian desert in summer. *Journal of Mammalogy* (83):665-673. 2002

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. 1974. *Análises químicas em plantas*. ESALQ/USP, Piracicaba, 56p.

SEKINE, J.; OKUBO, M.; ASAHIDA, Y. 1980. Water economy in ruminants III: Drinking water consumption in growing calves on dry feed. *Journal of the Faculty of Agriculture, Hokkaido University* 60(1):75-84.

SOEST, P.J. van; WINE, R.H. 1967. Use of detergent in the analysis of farmers feed. IV. Determination of plant cell wall constituents. Journal of Association of Analytical Chemistry 50(1):50-55.

STATISTICAL package for the social sciences (SPSS). Release 15.0. 2006. SPSS Inc.,Chicago.

YAPE KII, W.; DRYDEN, D.G. 2005. Effect of drinking saline water on food and water intake, food digestibility, and nitrogen and mineral balances of rusa deer stags (*Cervus timorensis rusa*). Animal Science 81:99-105.

ZAGATTO, E.A.G.; KRUG, F.J.; BERGAMIN FILHO, H.; JORGENSON, S.S.; REIS, B.F. 1979. Merging zones in flow injection analysis. Part 2. Determination of calcium, magnesium and potassium in plant material by flow injection atomic absorption and flame emission spectrometry. Analytical Chemical Acta 104(1):279-284.